

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

2017

Bc. Radek Osmančík

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

Analýza změny reakční doby vlivem působení vnějších  
a vnitřních vlivů

Analysis of the Reaction Time Changes due to effect of  
External and Internal Influences of Organism

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Radek Osmančík**  
Studijní program: N2649 Elektrotechnika  
Studijní obor: 3901T009 Biomedicínské inženýrství  
Téma: **Analýza změny reakční doby vlivem působení vnějších a vnitřních vlivů organismu**  
**Analysis of the Reaction Time Changes due to Effects of External and Internal Influences of Organism**  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Teoretický rozbor vnějších a vnitřních vlivů na změnu reakční doby.
2. Rešerše stávajícího stavu.
3. Návrh a realizace robustního zařízení pro měření reakční doby.
4. Zpracování a analýza naměřených signálů.
5. Analýza a statistické zpracování změny reakční doby při dlouhodobém měření.
6. Analýza a statistické zpracování vlivu stimulantů na změnu reakční doby.
7. Zhodnocení dosažených výsledků závěrečné práce.

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] TROJAN, Stanislav. *Lékařská fyziologie*. Vyd. 4., přeprac. a dopl. Praha: Grada Publishing, 2003. ISBN 80-247-0512-5.
- [2] JENSEN, Arthur R. a Philip A. VERNON. Jensen's reaction-time studies: A reply to Longstreth. *Intelligence*. 1986, vol. 10, iss. 2, pp. 153-179. ISSN 0160-2896. Dostupné z: [http://dx.doi.org/10.1016/0160-2896\(86\)90012-7](http://dx.doi.org/10.1016/0160-2896(86)90012-7).
- [3] MEYER, David E., et al. The dynamics of cognition and action: mental processes inferred from speed-accuracy decomposition. *Psychological review*. 1988, vol. 95, no. 2, pp. 183 - 237. ISSN 0033-295X.
- [4] KUCKLICK, Theodore R. (ed.). *The medical device R&D handbook*. Boca Raton: CRC Press, 2012. ISBN 978-1439811894.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Lukáš Peter**

Datum zadání: 01.09.2016

Datum odevzdání: 28.04.2017

  
doc. Ing. Jiří Koziolek, Ph.D.  
vedoucí katedry



  
prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty

## Prohlašuji

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem veškeré literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne 28. 4. 2017

  
.....

Bc. Radek Osmančík

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat za vedení této diplomové práce panu Ing. Lukáši Peterovi. Jeho rady, poznámky a zkušené konzultace dopomohly ke zhotovení této práce. Mé díky patří také všem těm, kteří mě v době psaní práce podporovali.

## Abstrakt

Cílem této práce je analýza rozdílností reakčních dob při působení vnitřních a vnějších vlivů organismu. K této analýze bylo vyvinuto robustní měřicí zařízení. Výsledky měření lze následně statisticky vyhodnotit. V práci jsem věnoval pozornost na měření několika druhů reakčních dob. Jednalo se o jednoduchou, rozpoznávací a reakční dobu, založenou na soutěživosti mezi soupeři.

Výsledky jsou zaznamenány v prostředí LabVIEW, kde může uživatel vidět základní grafické i početní výsledky korespondující s aktuálním měřením. Detailní celkovou post analýzu lze zpracovat z uložených dat manuálně po ukončení všech měření.

Hlavním cílem této práce je analýza změn reakčních dob, které jsou v jisté míře indikátorem kognitivních funkcí člověka. Na základě výsledku analýzy měření bychom měli s určitou pravděpodobností předpovědět špatné fungování nervové soustavy, zachytit tuto abnormalitu v raném stádiu a podstoupit úspěšnější léčbu.

## Klíčová slova

Reakční doba, kognitivní funkce, analýza, LabVIEW, měřicí zařízení, vizuálně evokovaný potenciál

## Abstract

The aim of this thesis is analysis of reaction time changes due to effect of internal and external influence of organism. The robust measurement device has been developed for this analysis. Measurement results can be statistically evaluated. I focused on the measurements of several kinds of reaction times in the thesis. Namely, it is simple reaction time, choice reaction time and reaction time based on competition between opponents.

The results are recorded in LabVIEW environment where users can see basic graphic and numerical figures during current measurement. Detailed post-analysis can be performed manually based on stored data after completion of all measurements.

The main goal of this thesis is the analysis of changes in reaction times. Such change can be indicator of a certain degree of human cognitive function. We should be able to predict probability of malfunction of the nervous system in future based on the analysis outcome or detect this abnormality at an early stage and undergo more successful medical treatment.

## Key Words

Reaction time, cognitive function, analysis, LabVIEW, measuring device, visual evokated potencial

## Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk	9
1 Úvod	13
2 Reakční doba	14
2.1 Fyziologie nervového přenosu	14
2.1.1 Smyslové orgány	14
2.1.2 Nervový vzruch	15
2.1.3 Přenos nervového vzruchu (synapse)	15
2.1.4 Klidový membránový potenciál	16
2.1.5 Akční membránový potenciál	16
2.2 Typy reakčních časů	17
2.2.1 Jednoduchá reakční doba	17
2.2.2 Rozpoznávací reakční doba	18
2.2.3 Výběrová reakční doba	18
2.2.4 Sekvenční reakční doba	19
2.3 Vnější vlivy	19
2.3.1 Rušení a strach	19
2.3.2 Chyby a únava	19
2.3.3 Léky, drogy a alkohol	20
2.3.4 Latence přístroje	20
2.3.5 Očekávání	20
2.3.6 Podmínky prostředí	20
2.4 Vnitřní vlivy	21
2.4.1 Stav CNS	21
2.4.2 Věk	21
2.4.3 Pohlaví	21
2.4.4 Trénink	21
2.4.5 Emoce	21
2.5 Kognitivní funkce	22
3 Rešerše	23
Zhodnocení, výsledek, závěr rešerše	32
4 Praktické zpracování	33
4.1 Konstrukční idea	33
4.2 Minimalistický model	33
4.2.1 Závady modelu a jejich odstranění	34
4.3 Návrh DPS	35
4.3.1 Galvanické oddělení a ochrana při měření	35
4.4 Návrh Šasi	36
4.4.1 Příprava šasi	36
5 Realizace měřicího zařízení	38
5.1 Osazení a umístění DPS	38
5.2 Osazení tlačítka	38

5.3	Natažení kabelů .....	39
5.4	Propojení s mikrokontrolérem .....	39
6	Měřicí systém .....	40
6.1	Arduino Mega 2560 .....	40
6.2	Přesnost měření .....	41
6.3	Uživatelský software .....	42
7	Hodnocení měření .....	45
7.1	Krátkodobé měření .....	45
7.1.1	Vliv použité ruky .....	45
7.1.2	Zhodnocení .....	48
7.1.3	Vliv věku na reakční dobu .....	48
7.1.4	Vliv motivace .....	51
7.1.5	Vliv hlasité hudby .....	52
7.2	Dlouhodobé měření .....	53
7.2.1	Vliv alkoholu .....	53
7.2.2	Zhodnocení měření a výsledků .....	57
8	Závěr .....	58
	Literatura .....	59
	Seznam příloh .....	61



## Seznam použitých symbolů a zkratk

AD – Analog-digital  
DC – Stejnoseměrný proud  
COM port – Komunikační port  
DPS – Deska plošného spoje  
EEG – Elektroencefalografie  
EMG – Elektromyografie  
LCD – Displej z tekutých krystalů  
LED – Dioda emitující světlo  
MCU – Mikrokontrolér  
PC – Osobní počítač  
PVT – Psychomotorický test bdělosti  
RGB – Model červené, zelené a modré  
USB – Univerzální sériová sběrnice  
USB mini B – Univerzální sériová sběrnice typu B  
UTP – Nestíněná kroucená dvojlinka  
VEP – Vizuálně evokovaný potenciál  
 $t_{mo}$  – Doba motorické reakce [s]  
 $t_p$  – Doba percepce [s]  
 $t_r$  – Doba rozhodnutí [s]  
 $t_{rp}$  – Reakční doba [s]

## Seznam ilustrací

OBRÁZEK 1 ROZDÍL VEDENÍ VZRUCHU MYELINIZOVANÝM A NEMYELINIZOVANÝM VLÁKNEM .....	16
OBRÁZEK 2 PRŮBĚH AKČNÍHO POTENCIÁLU NERVOVÉ BUŇKY.....	17
OBRÁZEK 3 SCHÉMA ČÁSTÍ JEDNODUCHÉ REAKČNÍ DOBY .....	17
OBRÁZEK 4 SCHÉMA ČÁSTÍ ROZPOZNÁVACÍ REAKČNÍ DOBY.....	18
OBRÁZEK 5 SCHÉMA ČÁSTÍ VÝBĚROVÉ REAKČNÍ DOBY .....	18
OBRÁZEK 6 ZÁVISLOST SLOŽITOSTI ÚKOLU A STÁŘÍ TESTOVANÉ OSOBY NA ČASU REAKCE, KDE ORANŽOVÁ LINIE = MLADÍ LIDÉ A MODRÁ LINIE = LIDÉ V POKROČILÉM VĚKU.....	19
OBRÁZEK 7 ZNÁZORNĚNÍ MĚŘICÍHO CYKLU SEKVENČNÍ REAKČNÍ DOBY .....	19
OBRÁZEK 8 ZÁVISLOST VNITŘNÍCH A VNĚJŠÍCH VLVIVŮ NA REAKČNÍ DOBU .....	22
OBRÁZEK 9 ŘETĚZEC PRO MĚŘENÍ REAKČNÍ DOBY A VIZUÁLNĚ EVOKOVANÝCH POTENCIÁLU.....	23
OBRÁZEK 10 KORELACE VEP A REAKČNÍ DOBY .....	23
OBRÁZEK 11 ÚPRAVA EEG AŽ DO ZOBRAZENÍ PRŮBĚHU 1. TYPU A 2. TYPU.(VLEVO); ČASOVÝ PRŮBĚH JEDNOTLIVÉHO EXPERIMENTU (VPRAVO).....	24
OBRÁZEK 12 REAKČNÍ DOBA V ZÁVISLOSTI NA PROSTOROVĚ FREKVENČNÍM STIMULU S INTERAKCÍ ALFA BLOKOVÁNÍ. ....	25
OBRÁZEK 13 PRŮMĚRNÉ REAKČNÍ DOBY PRAVÉ (BÍLÝ SLOUPEC) A LEVÉ RUKY (ČERNÝ SLOUPEC) PRO FF (FLEXE NA VZDÁLENĚJŠÍ CÍL), NF (FLEXE NA BLIŽŠÍ CÍL) A EX (EXTENZE). ....	25
OBRÁZEK 14 VÝSLEDKY REAKČNÍCH ČASŮ PRO RŮZNÉ KOMBINACE OVLIVŇUJÍCÍCH FAKTORŮ.....	26
OBRÁZEK 15 VÝSLEDKY MANUÁLNÍHO A ELEKTRICKÉHO MĚŘENÍ REAKČNÍ DOBY. ....	27
OBRÁZEK 16 DOSAŽENÉ VÝSLEDKY PŘI MĚŘENÍ POMOCÍ OBRAZOVKY A KLÁVESNICE. VÝSLEDKY JSOU V PODOBĚ STŘEDNÍCH HODNOT. ....	28
OBRÁZEK 17 REAKČNÍ DOBY U STOLNÍHO A PŘENOSNÉHO ZAŘÍZENÍ. ....	29
OBRÁZEK 18 VÝSLEDKY REAKČNÍCH ČASŮ O RŮZNÝCH INTENZITÁCH.....	29
OBRÁZEK 19 GRAFICKÉ ZOBRAZENÍ TESTOVANÝCH TYPŮ POHYBŮ.....	30
OBRÁZEK 20 BLOKOVÝ DIAGRAM PŘÍSTROJE TESTUJÍCÍHO REAKČNÍ DOBU .....	31
OBRÁZEK 21 SCHÉMATICKÉ ZAPOJENÍ MINIMALISTICKÉHO MODELU.....	33
OBRÁZEK 22 VÝVOJOVÝ DIAGRAM MĚŘICÍHO PROGRAMU .....	34
OBRÁZEK 23 SCHÉMA BEZZÁKMITOVÉHO TLAČÍTKA .....	34
OBRÁZEK 24 MINIMALISTICKÝ MODEL .....	35
OBRÁZEK 25 DIAGRAM GALVANICKÉHO ODDĚLENÍ.....	36
OBRÁZEK 26 ROZMĚRY A TVAR ŠASI .....	36
OBRÁZEK 27 TLAČÍTKO GAMESMAN GPB310 – ORANŽOVÉ .....	38
OBRÁZEK 28 UTP KABEL .....	39
OBRÁZEK 29 FINÁLNÍ MĚŘÍCÍ ZAŘÍZENÍ.....	39
OBRÁZEK 30 BLOKOVÝ DIAGRAM CHOVÁNÍ MĚŘICÍCH ALGORITMŮ .....	40
OBRÁZEK 31 TESTOVÁNÍ PŘESNOSTI MĚŘICÍHO SYSTÉMU .....	42
OBRÁZEK 32 UŽIVATELSKÝ SOFTWARE NA MĚŘENÍ REAKČNÍCH DOB .....	42
OBRÁZEK 33 OVLÁDACÍ PRVKY PROGRAMU .....	43
OBRÁZEK 34 VOLBA PROGRAMU A ZÁZNAM OSOBNÍCH ÚDAJŮ .....	43
OBRÁZEK 35 VIZUALIZACE REAKČNÍCH DOB VE SLOUPOVÉM GRAFU .....	43
OBRÁZEK 36 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ BĚHEM A IHNEDE PO MĚŘENÍ.....	44
OBRÁZEK 37 REAKČNÍ DOBY PRO MĚŘENÍ JEDNODUCHÉ REAKČNÍ DOBY .....	46
OBRÁZEK 38 REAKČNÍ DOBY PRO MĚŘENÍ VÝBĚROVÉ REAKČNÍ DOBY .....	46
OBRÁZEK 39 REAKČNÍ DOBY PRO MĚŘENÍ JEDNODUCHÉ REAKČNÍ DOBY .....	47
OBRÁZEK 40 REAKČNÍ DOBY PRO MĚŘENÍ VÝBĚROVÉ REAKČNÍ DOBY .....	47

OBRÁZEK 41 REAKČNÍ DOBY PRO MĚŘENÍ JEDNODUCHÉ REAKČNÍ DOBY .....	47
OBRÁZEK 42 REAKČNÍ DOBY PRO MĚŘENÍ VÝBĚROVÉ REAKČNÍ DOBY .....	48
OBRÁZEK 43 ANALÝZA REAKČNÍCH DOB UVĚDOMĚNÍ NA VLIVU VĚKU OSOBY PŘI MĚŘENÍ JEDNODUCHÉ REAKČNÍ DOBY.....	49
OBRÁZEK 44 ANALÝZA CELKOVÝCH REAKČNÍCH DOB NA VLIVU VĚKU OSOBY PŘI MĚŘENÍ JEDNODUCHÉ REAKČNÍ DOBY.....	49
OBRÁZEK 45 ANALÝZA DOBY POHYBU RUKY NA VLIVU VĚKU OSOBY PŘI MĚŘENÍ JEDNODUCHÉ REAKČNÍ DOBY.....	50
OBRÁZEK 46 ANALÝZA REAKČNÍCH DOB UVĚDOMĚNÍ NA VLIVU VĚKU OSOBY PŘI MĚŘENÍ VÝBĚROVÉ REAKČNÍ DOBY.....	50
OBRÁZEK 47 ANALÝZA CELKOVÝCH REAKČNÍCH DOB NA VLIVU VĚKU OSOBY PŘI MĚŘENÍ VÝBĚROVÉ REAKČNÍ DOBY. ....	51
OBRÁZEK 48 ANALÝZA DOBY POHYBU RUKY NA VLIVU VĚKU OSOBY PŘI MĚŘENÍ VÝBĚROVÉ REAKČNÍ DOBY.....	51
OBRÁZEK 49 ANALÝZA CELKOVÉ REAKČNÍ DOBY NA VLIV MOTIVACE OSOBY PŘI MĚŘENÍ JEDNODUCHÉ REAKČNÍ DOBY.....	52
OBRÁZEK 50 ANALÝZA REAKČNÍ DOBY NA VLIV HLASITÉ HUDBY PŘI MĚŘENÍ JEDNODUCHÉ REAKČNÍ DOBY. ....	53
OBRÁZEK 51 ANALÝZA REAKČNÍ DOBY NA VLIV HLASITÉ HUDBY PŘI MĚŘENÍ VÝBĚROVÉ REAKČNÍ DOBY. ....	53
OBRÁZEK 52 ANALÝZA REAKČNÍCH DOB UVĚDOMĚNÍ NA VLIVU ALKOHOLU V TĚLE PŘI MĚŘENÍ JEDNODUCHÉ REAKČNÍ DOBY .....	54
OBRÁZEK 53 ANALÝZA CELKOVÝCH REAKČNÍCH DOB NA VLIVU ALKOHOLU V TĚLE PŘI MĚŘENÍ JEDNODUCHÉ REAKČNÍ DOBY.....	54
OBRÁZEK 54 ANALÝZA DOB POHYBU RUKY NA VLIVU ALKOHOLU V TĚLE PŘI MĚŘENÍ JEDNODUCHÉ REAKČNÍ DOBY. ....	55
OBRÁZEK 55 ANALÝZA REAKČNÍCH DOB UVĚDOMĚNÍ NA VLIVU ALKOHOLU V TĚLE PŘI MĚŘENÍ VÝBĚROVÉ REAKČNÍ DOBY.....	56
OBRÁZEK 56 ANALÝZA CELKOVÝCH REAKČNÍCH DOB NA VLIVU ALKOHOLU V TĚLE PŘI MĚŘENÍ VÝBĚROVÉ REAKČNÍ DOBY. ....	56

## Seznam tabulek

TABULKA 1 CHARAKTERISTIKA MĚŘENÝCH SUBJEKTŮ.....	45
TABULKA 2 STŘEDNÍ HODNOTY PŘI POUŽITÍ OBOU RUKOU.....	46
TABULKA 3 STŘEDNÍ HODNOTY PŘI POUŽITÍ OBOU RUKOU.....	46
TABULKA 4 STŘEDNÍ HODNOTY PŘI POUŽITÍ POUZE LEVÉ RUKY. ....	47
TABULKA 5 STŘEDNÍ HODNOTY PŘI POUŽITÍ POUZE LEVÉ RUKY. ....	47
TABULKA 6 STŘEDNÍ HODNOTY PŘI POUŽITÍ POUZE PRAVÉ RUKY. ....	47
TABULKA 7 STŘEDNÍ HODNOTY PŘI POUŽITÍ POUZE PRAVÉ RUKY. ....	48

## 1 Úvod

Cílem této práce je analýza vnitřních a vnějších vlivů na reakční dobu. V první polovině práce jsme se zabývali teoretickým rozбором reakčních dob, jejich typy a různými druhy vnějších a vnitřních vlivů. Ve třetí kapitole byl proveden průzkum a vyhodnocení aktuálního stavu pomocí rešerše publikací.

Reakční doba, někdy označovaná jako reakční rychlost, je jednou ze známek dobré psychické i fyzické kondice člověka. Je prokázáno, že reakční doba je indikátorem funkčnosti kognitivních funkcí, mezi než se řadí paměť, koncentrace, pozornost, řečové funkce a mnoho dalších. Tyto schopnosti mohou být ovlivňovány řadou vnitřních a vnějších vlivů, které mohou reakční dobu prodloužit nebo zkrátit.

Druhá polovina práce je již zaměřena na samotný vývoj a realizaci měřících zařízení. Vlivy byly zkoumány při měření reakčních dob. K tomuto měření byl sestaven robustní měřicí hardware založený na měření reakční doby v závislosti na vizuálním stimulu. Hardware obsahuje sadu barevně podsvícených tlačítek, která jsou řízena mikrokontrolérem. Pomocí této konstrukce je možné měřit několik typů reakčních dob. Jedná se o reakční dobu jednoduchou a výběrovou, přičemž každý typ se skládá z reakční doby uvědomění, celkové reakční doby a doby motorické funkce při reakci na vizuální stimul. Ovládací software byl sestaven ve vývojovém prostředí LabVIEW a nabízí dvě možnosti reprezentace dat. První variantou je zobrazení měřených dat graficky, zatímco druhá varianta reprezentuje data částečnou jednoduchou statistikou.

Otestováno bylo několik subjektů na různé vnější a vnitřní vlivy. Jednalo se o vliv volby ruky při měření, věk, alkohol, hlasitou hudbu, nebo vliv motivace, který se projevil při měření dvou subjektů zároveň. Dosažené výsledky jsou v práci uvedeny a odlišnosti vlivů analyzovány.

Práce pokládá základ pro možnou budoucí předpověď kognitivních funkcí u člověka, jejichž ukazatelem je právě reakční doba. Důležité je pochopení co největšího možného počtu vlivů na reakční dobu, jejich uspořádání a definování hranic správných hodnot.

K závěru práce jsou shrnuty výsledky analýzy změn reakčních dob vlivem působení vnitřních a vnějších vlivů. Dále zde jsou uvedeny náměty pro další práci a vylepšení měřícího zařízení.

## 2 Reakční doba

Reakční doba je čas, který uplyne od vypuknutí definovaného signálu po provedení domluvené reakce. Na rozdíl od reflexu je zde zdůrazněná vůle, nejedná se tedy o automatickou reakci. Reakční čas se skládá z reakční rychlosti a akční rychlosti. Reakční rychlost lze definovat jako schopnost člověka zahájit pohyb na podnět v co nejkratším čase. Jelikož nejde o provedení pohybu, ale o nervové procesy před započítím tohoto pohybu je tato schopnost vázaná zejména na funkci nervového systému. Signály evokující reakci mohou být různé. Mezi známé signály patří vizuální, akustické, případně signály s úkolem rozhodnout o správnosti.

Rychlost vedení vzruchu po nervových drahách může dosáhnout až  $100 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Jednoduchá reakce na vizuální podnět bývá u trénovaných jedinců delší než 0,1 sekundy. Běžné hodnoty se pohybují v intervalu 0,2 – 0,3 sekundy. Pokud se do reakce přidá i povinnost rozlišit správný impuls, prodlužuje se doba reakce přibližně na 0,5 – 1 sekundu.

Akční rychlost je schopnost člověka provést daný pohyb v co nejkratším čase. Tuto rychlost je třeba měřit od započítí pohybu po jeho vykonání. Akční rychlost je ovlivněna pohybovou soustavou, činností svalů a zároveň i soustavou nervovou. Nejrychlejší akční rychlost se vyskytuje při vyvrcholení dospělosti, naopak v pokročilejším věku tato schopnost jako první ustupuje. Pomalejší reakční doba potvrzuje pokles kognitivního výkonu a tento faktor tedy lze brát jako hlavní ukazatel dobré celkové kondice a správného fungování nervové soustavy. [12] [24]

### 2.1 Fyziologie nervového přenosu

Oproti reflexům je u vůlí ovlivněných reakcí potřebná účast vyšších mozkových aktivit. Při těchto reakcích je signál z oka, či jiných smyslových orgánů, případně kombinace více smyslových orgánů najednou, přenášen do centrální nervové soustavy, která signál zpracuje. Následuje rozpoznání typu odezvy. V poslední řadě se transportuje daný pokyn do svalů, které vykonají pohyb. Člověk na daný signál nereaguje svalovým pohybem bezprostředně, ale s určitým zpožděním. Celková délka reakční doby je fyziologicky ohraničena a ovlivňuje tak rychlost pohybu reakce. Toto podstatně ovlivňuje rychlost reakční doby u pohybových reakcí velmi krátkého trvání. [22]

#### 2.1.1 Smyslové orgány

Veškeré smyslové orgány nám umožňují vnímat potřebné informace pro tvorbu odpovědi na stimul během vnímání. Přijímají podněty z vnitřního i vnějšího prostředí. U člověka je nejvýznamnější zrakové a sluchové vnímání.[22]

- Zrakové vnímání – Zraková percepce<sup>1</sup> je u člověka nejdůležitější pro získávání informací, potřebných k dalšímu rozhodování. U oka rozlišujeme centrální a periferní vidění v závislosti na oblasti oka, jelikož oko obsahuje oblasti s různými rozlišovacími schopnostmi. Obecný proces vidění probíhá v následujícím dění. Oko se prvotně pohybuje v pohledovém poli těkavými mikropohyby, jakmile objekt zaujme pozornost, zaměří se zrakový receptor a soustředí se na tento objekt. Podnět je zpracován optickým systémem oka a je transformován

---

<sup>1</sup> Percepce – vnímání, uvědomění nějaké situace

na nervový vzruch, který je veden do mozkového centra vidění. V tomto momentu se rozhoduje o odpovědi organismu. Získaný vjem může být pominut, uložen v paměti, nebo opět transformován v nervový vzruch šířící se k nervosvalovým ploténkám. Zde se vzruch zpracuje do nervového stahu a dochází k motorickým funkcím. Během celého tohoto cyklu je centrální nervová soustava stále informována o změnách vlastností objektu.[22]

- Sluchové vnímání – Oproti vnímání zrakovému jsou zvukové informace získávány podvědomě, respektive bez úmyslu je registrovat. Sluchové vnímání umožňuje subjektu získat informace, které nelze získat pomocí zrakového vnímání, ať už z důvodu, že jsou těžce detekovatelné, nebo že je nestačí pojmout. Nejlépe přijímáme zvuk ze strany a lehce zepředu. Směrový účinek se projevuje zejména u vysokých kmitočtů, přičemž hluboké tóny do 200 Hz jsou vnímány ze všech stran stejně. Při dlouhodobém vnímání hluku dochází k posuvu prahu slyšitelnosti, nastává adaptace a daný hluk je vnímán s menší hlasitostí. S tímto dějem je spojena sluchová únava, která nastává po 10-ti minutách poslouchaného hluku. Tento stav odeznívá po ukončení vnímání hluku v desítkách minut, hodin avšak někdy přetrvává i celý den.[22]

### 2.1.2 Nervový vzruch

Nervovým vzruchem lze označovat děj, který přenáší kódovanou informaci, která vzniká v receptorech smyslových orgánů podrážděním. Zajišťuje přenos informací z vnějšího a vnitřního prostředí do centrální nervové soustavy. Součástí centrální nervové soustavy je mozek a páteřní mícha. K přenosu do centrální nervové soustavy využívá nervový vzruch dostředivou neboli senzoricou dráhu. Zde se nervový vzruch vyhodnotí a putuje odstředivou, motorickou dráhou do orgánu, který vykoná reakci příslušnou vyhodnocenému vzruchu. Základní stavební a funkční jednotkou nervové tkáně je neuron. Informace vzruchu se šíří pomocí elektrických a chemických signálů. Mezi jednotlivými neurony se informace přenáší prostřednictvím synapsí tak dlouho, dokud se nedostanou k cílovým buňkám.

V lidském těle se nejedná o ojedinělou záležitost, jelikož každým našim okamžikem buňky registrují velké množství informací a vznikají tedy obrovské nervové komunikační sítě. [27] [19] [21]

### 2.1.3 Přenos nervového vzruchu (synapse)

Přenesení vzruchu z jedné nervové buňky na druhou lze rozdělit na čtyři fáze. Prvotní fáze je nastartována podnětem. Podnět může být původem elektrický, chemický, mechanický, vizuální, termický atd. Jelikož nervové buňky mají nízký práh bolesti, vyvolají podněty s dostatečnou intenzitou tvorbu vzruchu. Druhá fáze inicializuje změnu rozložení náboje na membráně buňky a vznik akčního potenciálu. Následuje šíření akčního potenciálu podél membrány až k synaptickému zakončení. Poslední fáze je přenesení vzruchu na další buňku. Tento přenos může být ve formě elektrického nebo chemického původu a rozlišujeme tedy elektrickou a chemickou synapsi.

K elektrické synapsi dochází, jestliže je přítomná převaha napěťové řízených iontových kanálů, respektive když dochází k podráždění změnou membránového potenciálu. Elektrická synapse bývá většinou rychlá a obousměrná. Chemická synapse je tvořena převážně z chemicky řízených iontových kanálů a podráždění vzniká chemickou cestou pomocí mediátoru. Mediátorem může být např. acetylcholin. Chemická synapse se vyznačuje pomalejším a jednosměrným charakterem.[27] [19] [21]

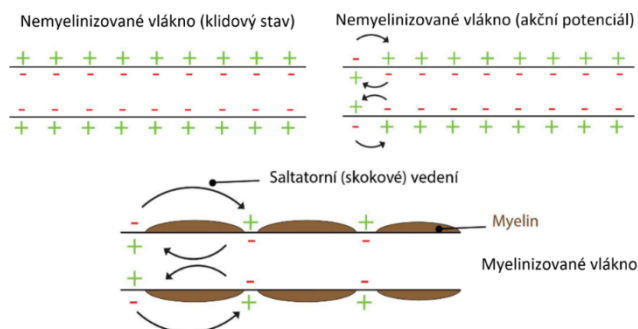
## 2.1.4 Klidový membránový potenciál

Klidový membránový potenciál nervové buňky dosahuje hodnot  $-70$  až  $-90\text{mV}$ . Uvnitř buňky převažuje tedy záporný náboj. Uvnitř buňky se vyskytují draslík a vápník. Vně buňky najdeme sodík a chloridy. Membrána nervové buňky je částečně propustná pro  $\text{K}^+$  ionty, ale nepropustná pro  $\text{Na}^+$  ionty. Klidový membránový potenciál, respektive rozdílné nabití vnitřní a vnější strany membrány zajišťují pasivní a aktivní přesuny iontů. Pasivní přesuny jsou realizovány pomocí elektrochemického gradientu. Oproti pasivnímu přesunu potřebuje aktivní přesun ke své realizaci energii.[27] [19] [21]

## 2.1.5 Akční membránový potenciál

Při podráždění nervové buňky prahovým podnětem dochází ke zpuštění akčního potenciálu. Vzruch naruší klidovou rovnováhu a dochází k depolarizaci. Dojde ke změně propustnosti membrány pro sodné ionty. Vtékáním  $\text{Na}^+$  iontů dovnitř buňky začne záporný náboj vymizet (fáze depolarizace), nebo dochází až ke kladnému nabití (fáze transpolarizace). Membránový potenciál se rychle navrácí do klidové hodnoty ve fázi repolarizace. V této fázi se sodíkové kanály postupně aktivně uzavírají a činností sodnodraselné pumpy a draslíkových kanálů se vyrovnává iontové rozložení.

Takto vzniklý akční potenciál se šíří po membráně neuronu tím, že místní proud dráždí sousední úseky a aktivuje napěťové řízené  $\text{Na}^+$  kanály. U myelinizovaných vláken dochází k rychlejšímu vedení vzruchu. Toto vedení je nazýváno saltatorním vedením a pracuje na principu otevření aktivního  $\text{Na}^+$  kanálu v každém Ranvierově zářezu<sup>2</sup>, a takto dosahuje zrychlení vedení vzruchu.

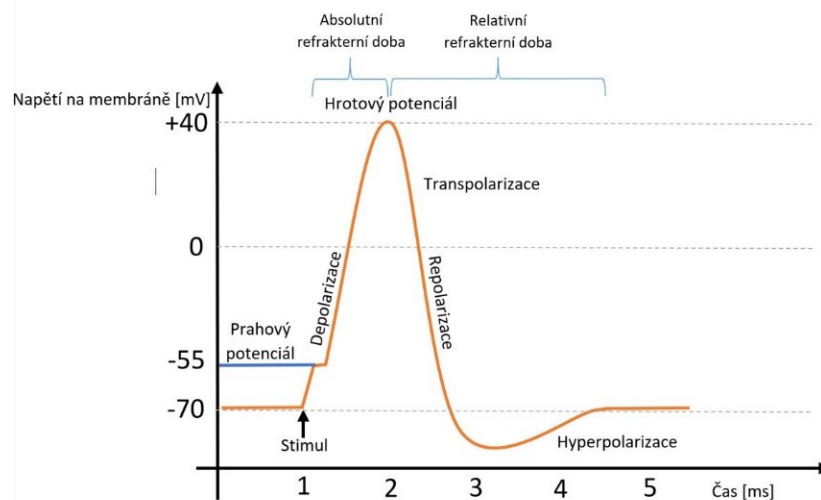


Obrázek 1 Rozdíl vedení vzruchu myelinizovaným a nemyelinizovaným vláknem. [19]

Celá doba akčního potenciálu se nazývá refrakterní fází a slouží k ignoraci dalších přicházejících stimulů během probíhajícího akčního potenciálu, jelikož není zachován klidový membránový potenciál. Tímto zabraňuje případnému poškození nervové buňky. Ignorování stimulu je zařízené pomocí inaktivování  $\text{Na}^+$  kanálů, které se nemohou otevřít dříve, než dojde k repolarizaci. Napříč tomu se refrakterní doba dělí na části: a to na absolutní a relativní refrakterní dobu, přičemž během absolutní refrakterní fáze buňka nereaguje na sebesilnější stimulaci. Jedná se o období růstu akčního potenciálu na své maximum. Od počátku návratu na klidový membránový potenciál začíná relativní refrakterní doba, během které buňka reaguje pouze na mnohem intenzivnější stimuly.[27] [19] [21]

<sup>2</sup> Zúžené místo mezi myelinovými pochvami na axonu neuronu.





Obrázek 2 Průběh akčního potenciálu nervové buňky

## 2.2 Typy reakčních časů

Celková reakční doba se dá vyjádřit jako součet časů potřebný pro percepci a rozhodování. Čas percepce značí čas potřebný pro detekci podnětů. Rozhodovací čas závisí na složitosti úkolu a vlivu vnějších a vnitřních vlivů. Následně po rozhodnutí navazuje motorická reakce, přičemž její čas provedení se v této práci bude počítat do celkové reakční doby. Podnět bývá většinou vizuální, ale může být i akusticky, nebo hmatový. Zhruba 70 % celkové hodnoty reakčního času tvoří čas potřebný pro vizuální percepci, zatímco zbylých 30 % tvoří motorická odezva.

V závislosti na typu podnětu a druhu reakce rozlišujeme tři základní druhy reakčních časů. Podle druhu odezvy je nazýváme jednoduchý, rozpoznávací a výběrový reakční čas. Čtvrtý možný typ vznikne pokračování jednoho druhu odezvy v sekvenci a nazýváme ho sekvenční reakční dobou. [22]

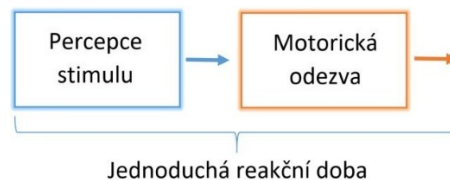
$$t_{rt} = t_p + t_r + t_{mo} \quad (1)$$

*Vztah pro celkovou reakční dobu s i motorickou odezvou, kde*

*$t_{rt}$  = reakční čas,  $t_p$  = čas pro percepci,  $t_r$  = čas pro rozhodnutí,  $t_{mo}$  = čas motorickou odezvou*

### 2.2.1 Jednoduchá reakční doba

Měření jednoduché reakční doby spočívá v testování rychlosti jedné reakce v případě, že na daného pacienta působíme pouze jedním podnětem. Existuje pouze jeden podnět a pouze jedna reakce. Úkolem subjektu je zareagovat na podnět ihned po jeho objevení tak rychle, jak je možné. Tento typ reakční doby patří mezi nejkratší, jelikož zde délku reakční doby neovlivňuje rozhodovací část. [24]



Obrázek 3 Schéma částí jednoduché reakční doby

## 2.2.2 Rozpoznávací reakční doba

Rozpoznávací reakční doba zahrnuje do měření reakční doby nejen odezvu na daný podnět, ale také rozhodnutí, zda podnět je správný, tedy vhodný k vykonání reakce. Subjekt je tedy vystaven více stimulům, ale pouze s jednou odpovědí korespondující s jedním stimulem. Ostatní stimuly musí subjekt ignorovat. Oblíbená kombinace bývá reakce pouze na předem zvolenou barvu, přičemž podnětem jsou barvy třeba tři.

Délka měřené rozpoznávací reakční doby je závislá na počtu možných stimulů, u kterých musí subjekt analyzovat správnost. Délka rozpoznávací reakční doby je ovlivněna částí selekcí správného stimulu a prodlužuje celkovou dobu měřené reakční doby. [22]



Obrázek 4 Schéma částí rozpoznávací reakční doby

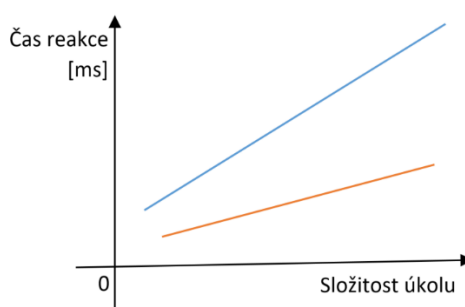
## 2.2.3 Výběrová reakční doba

Další možností je výběrová reakční doba, která obsahuje několik podnětů a několik druhů odpovědí k těmto podnětům. S tím souvisí fakt, že výběrová reakční doba navíc zahrnuje proces rozhodování a výběr přiměřené reakce. Tyto faktory jsou přímo úměrné a předpokládá se, že čím více bude možností volby typu reakce na daný podnět, tím více času reakce bude potřebovat. Největší prodloužení reakční doby v tomto případě zapříčiní proces výběru druhu reakce na stimul. Tento proces je silně variabilní částí reakční doby u měřeného subjektu a tedy ze všech částí reakční doby bude proces výběru reakce značně ovlivňovat konečné naměřené hodnoty.



Obrázek 5 Schéma částí výběrové reakční doby

Složitost úkolu při vykonávání reakce může být jakákoli. Může se jednat o kombinaci různých reakcí, nebo jednoduše o pouhý klik, zvuk, nebo jakýkoli pohyb. Naopak složité reakce jsou složeny například z pohybu a hlasu, přičemž testovaná osoba musí udělat předem domluvenou pohybovou reakci a navíc říct příslušnou barvu, tvar, velikost stimulu. Stimuly a na ně odpovídající reakce musí být před měřením domluveny a subjekt musí být přesně instruován. V opačném případě měření ztrácí význam. Složitost reakční doby je taktéž ovlivněna stářím sledované osoby, jelikož v pokročilém věku dochází ke zpomalování kognitivních funkcí. Závislost složitosti úkolu při reakci na čas reakce je znázorněna na obrázku č. 6. [24] [22]



Obrázek 6 Závislost složitosti úkolu a stáří testované osoby na času reakce, kde oranžová linie = mladí lidé a modrá linie = lidé v pokročilém věku

### 2.2.4 Sekvenční reakční doba

Ve většině případů nelze z jednoho měření dojít k závěru, a proto se využívá sekvenčního stimulování subjektu. Subjekt je vystaven měření jednomu z předchozích typů reakční doby, avšak s tím, že se měření stále opakuje. Měření probíhá v závislosti na požadované přesnosti výsledné hodnoty a času celkového měření. Obvyklé měření může obsahovat 50 – 200 stimulů, přičemž stimuly se zobrazují průměrně každých 5 sekund. Z naměřených hodnot se finálně spočítá střední hodnota, která se bere jako konečná reakční doba měřeného subjektu. Tato metoda měření je náročnější jak na čas, tak posléze na koncentraci a únavu měřeného pacienta. Může se stát, že při dlouhém měření dochází k prodlužování reakčního času, respektive zkreslení výsledné hodnoty. Měření se doporučuje provádět v kratších cyklech s přestávkami a tímto docílit přesnějších výsledků.



Obrázek 7 Znázornění měřicího cyklu sekvenční reakční doby

## 2.3 Vnější vlivy

### 2.3.1 Rušení a strach

Rušení okolím při koncentraci na signál a případného plnění úkolu během testu reakční doby prodlužuje výslednou dobu. Rušení se může projevit jako aktivní konverzace při testu, hlasitá hudba a jiné. Dalším faktorem je strach. Jestliže má testovaný subjekt strach z testu, snaží se omezit chybovost při testu a tedy prodlužuje čas rozhodnutí a tím celkovou reakční dobu. [16]

### 2.3.2 Chyby a únava

Jestliže se testovaný uživatel při testu dopustí chyby, může to v dalším měřeném testu reakční doby toto měření prodloužit. Uživatel déle vyhodnocuje správné řešení. S děláním chyb při rozhodování úzce souvisí tělesná a duševní únava a ospalost, které mají velký vliv na prodlužování reakční doby. [16]

### 2.3.3 Léky, drogy a alkohol

Pokud testujeme pacienty pod vlivem léků, je třeba brát na vědomí, o jaký druh léku se jedná. Léky ovlivňující reakční dobu jsou léky stimulující a tlumící. Stimulanty všeobecně podporují zkrácení reakční doby, avšak narůstá při nich chybovost. Léky tlumivé zkracují reakční dobu, jelikož mohou také tlumit možnost pohybu, nebo odezvu vůle na podnět. [16]

Samostatnou kapitolou je alkohol. Druh drogy, která snižuje rychlost informačních procesů při testování jednoduchých, rozpoznávacích i výběrových reakčních dob, kde je jako odpověď vyžadována jednoduchá motorická reakce. Navíc alkohol narušuje kognitivní schopnosti vyššího řádu, což je předpoklad pro správné motorické odpovědi. Alkohol od množství 0,5 ‰ a výš prokazatelně negativně ovlivňuje: [22]

- Smyslové vnímání
- Myšlení
- Rychlost činění rozhodnutí
- Postřeh
- Reakční dobu na všechny typy podnětů
- Vnímání barev
- Schopnost soustředění
- Rovnováhu a odhad vzdálenosti

### 2.3.4 Latence přístroje

Pokud provádíme měření reakční doby pomocí přístroje, pak se přístroj stává součástí měřicího řetězce. S člověkem tvoří nerozdílný systém a nelze tedy latenci přístroje zanedbávat. Pokud to je možné mělo by se čas zpoždění přístroje od finální hodnoty reakční doby odečíst a docílit přesnějšího údaje. [22]

### 2.3.5 Očekávání

Očekávání označuje situaci, kdy testovaná osoba dostane informaci, že podnět brzy přijde. Osoba podnět očekává, je koncentrovaná a reakční doba se tedy oproti spontánní reakci zkracuje. [16]

### 2.3.6 Podmínky prostředí

Na délku reakce má obecně vzato i prostředí, kde se odehrává měření. Pod prostředím myslíme prostorové umístění subjektu vůči zdroji stimulu, zda má subjekt ideální prostorové podmínky k vykonání reakce, nebo ho prostor nějakým způsobem znevýhodňuje. Dalším vlivem je směr, ze kterého je podnět exponován. Jedná se o to, zda je podnět dobře viditelný, pod správným úhlem a se správnou intenzitou. Nemalou roli má teplota okolí, kde při snížených teplotách může dojít ke zpomalení motorických odezev. [22]

### 2.4 Vnitřní vlivy

#### 2.4.1 Stav CNS

Zdravotní stav CNS je faktorem, který ovlivňuje reakční dobu. Centrální nervová soustava může být postihnutá jak nervovým onemocněním, tak není výjimkou, když se vyskytují problémy s motorickými dráhami nebo zpomalenými kognitivními funkcemi. Jednou z nemocí může být roztroušená skleróza, která přímo ovlivňuje komunikaci neuronu v mozku a míše.

#### 2.4.2 Věk

Věk je jeden ze základních vlivů ovlivňující délku reakční doby. Je zjištěno, že reakční doba se zvyšuje s přibývajícím věkem. Řádově se do 20. roku života reakční doba pomalu zkracuje. Do 50. až 60. roku pomalu roste a po 70. roku života se rychle prodlužuje. Tento problém je vysvětlen pomalejším přenášením nervových signálů v pozdějším věku. [16]

#### 2.4.3 Pohlaví

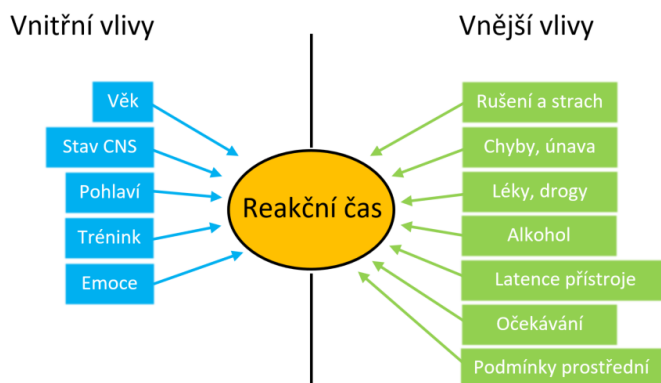
V provedených studiích vyšel prokazatelný závěr, že muži mají obvykle kratší reakční dobu, než ženy.

#### 2.4.4 Trénink

Reakce na daný často opakovaný podnět se dá z jisté míry natrénovat. Lze tím rozumět, že pokud si jistý úkol reakcí dostatečně osvojíme, podléhá tedy procesům automatizace a může se stát schopností nevyžadující vědomou kontrolu. Trénink samotný může reakční dobu na podnět snížit. Trénovat lze jednotlivé fáze měření reakční doby. Patří sem redukce doby trvání percepce podnětu, procesu rozhodování a motorické odezvy. Trénink těchto fází se projevuje zejména ve sportu, když jsou atleti trénováni na percepci podnětu ke startu s následným během, tedy motorickou odezvou. [22]

#### 2.4.5 Emoce

Emoce a nálada je jedním z faktorů ovlivňující délku reakční doby. Rozdíl tvoří subjekt, který je našťvaný, agresivní oproti, subjektu klidnému a koncentrovanému. Považuje se, že agresivita tvoří zběsilé a nepřesné reakce, a může zvyšovat chybovost testování, která souvisí s následnou snahou v příštím kroku chybu opravit, a věnovat tak reakci více času.



Obrázek 8 Závislost vnitřních a vnějších vlivů na reakční dobu

### 2.5 Kognitivní funkce

Kognitivní funkce jsou veškeré myšlenkové procesy, které nám umožňují rozpoznávat, pamatovat si, učit se a přizpůsobovat se podmínkám prostředí. Do těchto funkcí patří koncentrace, paměť, pozornost, rychlost myšlení a porozumění informací. Jednotlivé kognitivní funkce jsou umístěny v různých částech mozku, a tedy poškození mozku může postihnout jen některé z nich. Všechny tyto funkce jsou označovány komplexně jako kognitivní výkon, přičemž reakční doba je přímým ukazatelem na kondici těchto funkcí.

Pozornost je silně spjata s reakční dobou. Pokud člověk podnět totiž nevnímá, nemůže na něj ani reagovat. Lidský organismus potřebuje, aby podnět trval určitou dobu, aby se vytvořil vjem, na který je následně možné tvořit odpověď.[14]

### 3 Rešerše

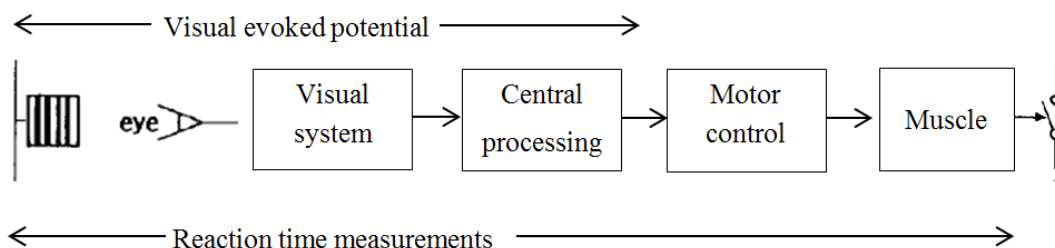
Rešerše se zabývá reakční dobou pohybového aparátu člověka. Jedná se o popis faktorů, které reakční dobu ovlivňují. Zkoumání rozdílností typů reakčních dob a jejich vliv na rozdílnost dosažených výsledků. Rešerše také obsahuje vysvětlení významnosti a vlivu reakční doby ve spojení s lidským zdravím a v neposlední řadě technických řešeních měření reakční doby.

**Název:** Visual Evoked Potentials and Reaction Times: Influence of Stimulus Parameters

**Autor:** Werner Wolf, Cornelius Baedeker, Ulrich Appel

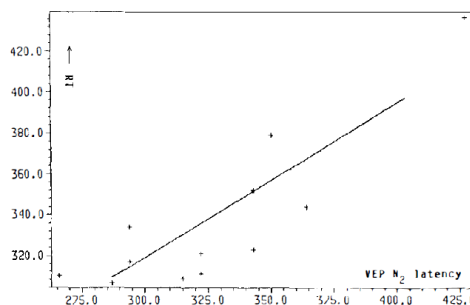
**Publikováno:** Engineering in Medicine and Biology Society 1988

Článek popisuje měření reakční doby a měřené vizuálně evokované potenciály (VEP) na různé podněty. Byla zkoumána manuální reakční doba při změně prostorově frekvenčních stimulů. Měření reakční doby se bere od počátku stimulu do počátku pohybu viz. Obrázek 9. Hlavní nevýhodou je, že řetězec obsahuje vždy pohybové ústrojí, které má rozdílnou odezvu u různých respondentů. Předpokladem v této studii tedy je, že zpoždění pohybového ústrojí je brán jako konstanta. Pro kontrolu byly měřeny také VEP a následně srovnávány jejich latence s reakční dobou.



Obrázek 9 Řetězec pro měření reakční doby a vizuálně evokovaných potenciálů.

Výsledkem experimentálního měření bylo zjištění, že se zvyšující se frekvencí prostorově frekvenčních stimulů se reakční doba zvyšuje. V závislosti na druhém měření VEP byla zkoumána závislost času VEP a reakční doby, která byla vynesena do grafu, který tuto závislost potvrzuje.



Obrázek 10 Korelace VEP a reakční doby

Výsledná data ukazují jasný vztah mezi VEP a reakční dobou pro všechny stimuly při jednoduché detekci úkolu. Rozptyly dat měření VEP a reakční doby se rovnají a lze z nich usoudit, že eliminace pohybového ústrojí v tomto případě neposkytl žádnou výhodu. Nejspíše je toto dáno nedostatečným konvenčním průměrovým zpracováním VEP, avšak toto lze eliminovat aplikováním sofistikovanějších metod zpracování dat. Závěrem článek vypovídá o tom, že VEP odezvy mohou

sloužit jako objektivní ekvivalent reakční doby a lze z ní určit přenosové funkce vizuálního systému. Takto je možnost analyzovat činnost vizuálního systému, že pohybové ústrojí je zpožděné v důsledku předchozího úkolu, například ve vícenásobné detekci úkolů. [5]

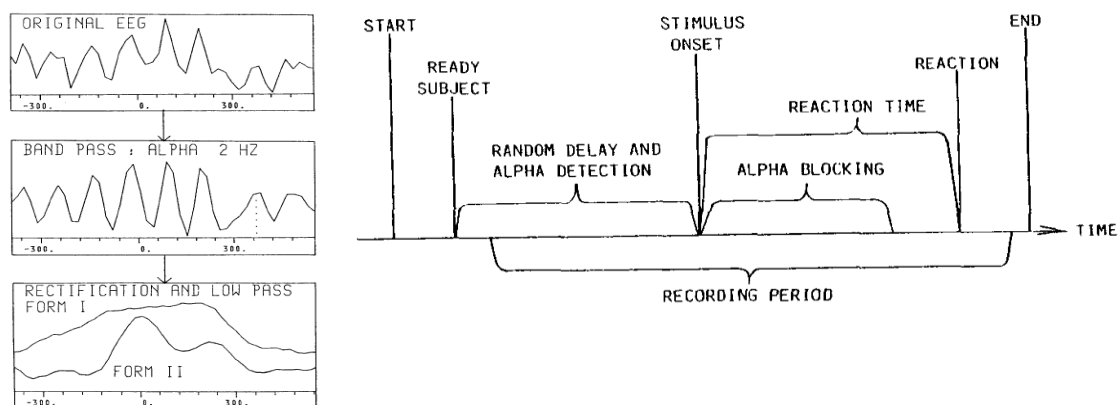
**Název:** Visual Evoked Potentials and Reaction Times: Dependences on Alpha Activity

**Autor:** Werner Wolf, Cornelius Baedeker, Ulrich Appel

**Publikováno:** Engineering in Medicine and Biology Society 1989

Alfa vlna EEG má při normálních, relaxačních podmínkách frekvenci okolo 10 Hz. Tato alfa vlna vymizí působením vizuálního stimulu nebo reakčního úkolu. Tenhle proces se nazývá alfa blokování. Časový průběh alfa blokování a korelace mezi VEP a reakční dobou je hlavním tématem tohoto článku.

Reakční doba úkolu se sestavuje ze sekvence podúkolů, které na sebe navazují. Jedná se o vnímání, rozhodnutí a reakci. Sumace jednotlivých částí vede k celkové reakční době. K měření těchto odezev slouží několik přístupů, ať už EEG pro záznam VEP nebo EMG pro záznam pohybového ústrojí.

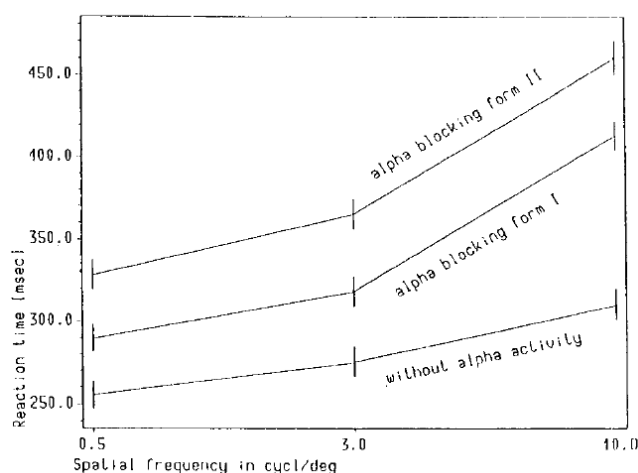


**Obrázek 11** Úprava EEG až do zobrazení průběhu 1. typu a 2. typu.(vlevo); časový průběh jednotlivého experimentu (vpravo)

Experimentem byly zaznamenávány reakční časy a VEP na frekvenční prostorové stimuly o tvaru mřížky a frekvenci 0,5; 3; 10 cyklů/stupeň. Při následném zpracování se vychází z tvrzení, že informace alfa vlny je zakódována amplitudovou modulací. Offline analýza se skládá z filtru typu pásmová propust v intervalu  $\pm 3$  Hz od frekvence alfa aktivity. Následná proběhla extrakce nosné vlny a její bočních pásů a úprava rektifikací a aplikování nízkofrekvenčního 3 Hz filtru. Výsledná obálka je dopočítávána po stimulačním průběhem alfa blokování. Byly zjištěny dva typy těchto průběhů a to typ 1, který má přímý pokles a typ 2, který klesá ve dvou oblastí časového průběhu. Výskyt těchto průběhů je závislý na hodnotě prostorově frekvenčního stimulu. Pro hodnoty 0,5 a 3 cyklů/stupeň se typ 1. objevuje v 65 % a typ 2. v 35 % případů. Pro hodnotu 10 cyklů/stupeň je výskyt typu 1 v 40 % a typ 2. v 60 % případů. [4]

Finálně z článků vyplývá závislost reakčního doby na prostorově frekvenčním stimulu s interakcí blokování alfa vlny EEG. Ovlivnitelnost reakční doby podle alfa blokování je zobrazena na obrázku č. 4.





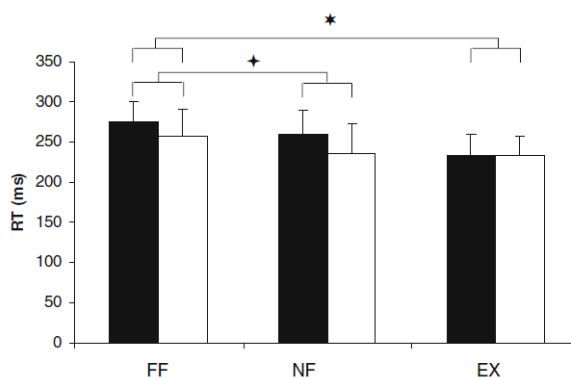
**Obrázek 12** Reakční doba v závislosti na prostorově frekvenčním stimulu s interakcí alfa blokování.

**Název:** Cortimotor Excitability During a Choice-Hand Reaction Time Task

**Autor:** Steve McMillan, Richard B. Ivry, Wilson D. Byblow

**Publikováno:** *Experimental brain research* 2006

Ve výzkumu bylo testováno 14 lidí s dominantní pravou rukou na reakční dobu spočívající ve volbě ruky. Do této volby byl zahrnut také pohyb dané ruky, a to zejména flexe a extenze zápěstí na předem definované tři pozice. Tyto pozice korespondovaly s 45° flexe, 20° flexe a 20° extenze od startující pozice rukou. Následně byly na displeji zobrazeny tři pozice, které byly reprezentovány třemi černými kruhy. Jakmile se jeden z kruhů změnil na bílou barvu, bylo úkolem natočit ruku do této zvolené polohy. Ruce byly položeny do svislých desek, které při pohybu rotovaly a určovaly pozici rukou. Prioritním cílem výzkumu nebylo přímo měření reakční doby, ale byl to jeden ze zkoumaných bodů.



**Obrázek 13** Průměrné reakční doby pravé (bílý sloupec) a levé ruky (černý sloupec) pro FF (flexe na vzdálenější cíl), NF (flexe na bližší cíl) a EX (extenze).

Pravá ruka v testu prokazovala rychlejší reakci, než ruka levá. Průměrná odezva pravé ruky je  $242 \pm 5,4$  ms oproti času odezvy  $256 \pm 5,1$  levé ruky. Z výsledku je patrná taktéž rozdílnost časů pro různé cíle. Jako nejdelší se prokázal cíl flexe na vzdálenější cíl, která potřebovala k dosažení cíle největší vychylující amplitudu. Napříč tomu rozdílnost reakční doby mezi flexí na bližší cíl a extenzí neprokazují významné odlišnosti.

Z výzkumu můžeme usuzovat, že je důležité brát při měření reakční doby ohled na dominantní ruku. Musí se vzít v úvahu také systém měření polohy, jelikož tento způsob testu mohl způsobovat mírné nepřesnosti z důvodu dvou možných různých ukázání na jeden cíl. [3]

**Název:** Experience-Dependent Effect in Unimanual and Bimanual Reaction Time Task in Musicians

**Autor:** Charmayne M. L. Hughes, Elizabeth A. Franz

**Publikováno:** *Journal of motor behavior* 2007

Studie se zaměřila na porovnání reakčních dob v závislosti, zda testovaný jedinec je muzikant, nebo nikoli. U testování zvažovali několik ovlivňujících faktorů. V první řadě se jedná o dominantní ruku, zda testovaný jedinec je pravák nebo levák. Dále zda muzikant hraje na obouruční nebo jednoruční nástroj. Následně byla také porovnávána reakční doba v závislosti na době zkušeností.

Testování probíhalo ve skupinách po 20 lidech, přičemž muzikanti byli složeni z hráčů na piano a hráčů na kytaru. Průměrná doba zkušeností muzikantů s nástrojem byla okolo 12 let. Všichni jedinci byli testováni na jednoduchý úkol, a to reagovat na výskyt zelené tečky uprostřed monitoru. Reagování bylo rozdělené na odpověď jednou rukou a následně oběma rukama, aby se zjistil rozdíl právě hráčů na různé nástroje.

Group	Unimanual				Bimanual			
	Left hand		Right hand		Left hand		Right hand	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Nonmusicians	246	59	245	72	251	57	249	58
Musicians	213	51	216	50	219	46	219	46

**Obrázek 14** Výsledky reakčních časů pro různé kombinace ovlivňujících faktorů.

Výsledkem studie bylo, že trénování muzikanti odpovídali rychleji, než jedinci nevěnující se muzice. Dokonce byla zpozorována i menší směrodatná odchylka u muzikantů, než u nehrajících lidí. Hodnoty reakčních dob se pro muzikanty v průměru pohybují okolo 214ms a 245 pro nehrající lidi při odpovědi jednou rukou. Když se odpovídalo použitím obou rukou, byly hodnoty reakčních dob okolo 219ms pro muzikanty a 250 pro nehrající lidi. Z experimentu vyplývá, že věnování se hraní na hudební nástroje přímo koreluje se snížením reakční doby a zvýšením variability jedince u zpracování jednoduchých úkolů. [10]

**Název:** Reliability and Validity of a Clinical Test of Reaction Time in Older Adults

**Autor:** Vicki S Mercer, PT, PhD; Carla C Hankins, PT; Andrea J. Spinks, PT; Donna d. Tedder, PT

**Publikováno:** *Journal of Geriatric Physical therapy* 2009

Paradigma reakční doby se používá již mnoho let ke zkoumání a analýze zpracování nervové soustavy, která má za úkol připravit a zprostředkovat odezvu na přijatý stimul. Jednoduché měření reakční doby se může brát také jako rychlost zpracování informace nervovou soustavou. Mnoho vědců již demonstrovalo, že se reakční doba zrychluje s přibývajícím věkem jedince v dospělosti. Vyvíjející se reakční doba u lidí ve starším věku je doménou tohoto výzkumu.

Zvolení respondenti k testu reakční doby museli splňovat následující podmínky. Respondent musel být starší 65 let, musel dosáhnout alespoň skóre 24 na Mini Mental Status Exam (MMSE), musel

splňovat normální vidění, adekvátní sluch, musel být schopný nezávisle sedět a rozumět anglickému jazyku. Veškeré osoby s kardiovaskulárními, neurologickými nebo ortopedickými problémy byly z experimentu vyřazení.

Experiment probíhal dvěma způsoby. První způsob spočíval v zachycení padajícího předmětu o stěnu. Na měřítku, které bylo na předmětu, se následně odečetla poloha ruky a reakční doba. Tento pokus se dvakrát opakoval. Dosažené výsledky se pohybovaly v intervalu od 1 (pomalá reakční doba) do 17 (rychlá reakční doba). Druhý způsob byl elektronický, kde respondent odpovídal na světelný stimul zmačknutím telegrafu.

	Response Speed Subtest* (N=30)				Electronic Reaction Time (ms) (N=24)
	First Administration		Second Administration		
	Mean scores	Median scores	Mean scores	Median scores	
Mean	9.0	8.8	10.1	9.8	295.44
SD	2.1	2.4	2.4	2.8	90.56
Range	4.9 – 14.0	4.0 – 14.0	5.3 – 15.1	3.0 – 16.0	177.43 – 533.71

**Obrázek 15** Výsledky manuálního a elektrického měření reakční doby.

Z výsledků jde vidět, že při druhém pokusu se výsledky u manuálního testu vždy zlepšily. Celkově však vychází reakční doba v průměru na 295,44ms. Oba testy se osvědčily jako dobré nástroje pro použití v klinické praxi a při domácím použití. Nejsou finančně nákladné a umožňují starším lidem pravidelné měření. Avšak test spolehlivosti nebyl v daném rozptylu, takže v budoucnu je potřeba vyvinout, případně modifikovat přístroj na měření reakční doby s lidmi starší 65 let. [25]

**Název:** Measurement Of Reaction Time In Qwan Ki Do

**Autor:** Cojocariu A.

**Publikováno:** „Alexandru Ioan Cuza“ University, Faculty of Physical Education and Sports 2011

Studie vysvětluje systém měření reakční doby na jednoduchém programu v počítači s připojenou klávesnicí. K testování použili 73 subjektů rozdělených do tří skupin. První skupina obsahovala ne příliš sportující studenty. Druhá skupina byla složena ze začínajících atletů a poslední skupina profesionálních sportovců. Testování reakční doby probíhalo pro každou skupinu od 10 do 12 - ti hodin dopoledne, aby předešlo unavenosti subjektů. Všichni testovaní byli vystaveni pěti testům. Jednalo se o měření jednoduché reakční doby, výběrové reakční doby pro dominantní a nedominantní ruku a následně výběrové reakční doby s použitím obou rukou.

Pro měření jednoduchého reakčního času byla použita metoda nepřímého měření. Na klávesnici byly vyznačené čtyři tlačítka, blízko u sebe společně vytvářející čtverec. Následně byl použit vlastní software, který zobrazoval polohu tlačítka na obrazovce jako velké červené kolečko a subjekt musel v dané poloze tlačítka stlačit. Software zaznamenával reakční časy, zobrazoval jeho průměr, minimum, maximum a počet chyb. Výběrová reakční doba se lišila pouze v zobrazování polohy tlačítka. Software zobrazoval libovolně barevné kolečka v jakémkoli rohu obrazovky. Subjekt reagoval pouze na červené, zbylé barvy ignoroval.

	Group 1 students	Group 2 beginners	Group 3 advanced
Simple reaction time, Test 1	239.6 (7.4)	221.9 (5.5)	207 (6.6)
Choice reaction time dominant hand, Test 2	424.5 (11.4)	429.5 (7.3)	376 (4.7)
Choice reaction time non-dominant hand, Test 3	430.9 (12.2)	438.8 (6.9)	376 (5.4)
Choice reaction time dominant hand, Test 4	410.8 (9.1)	409.2 (4.4)	357.5 (6.8)
Choice reaction time non-dominant hand, Test 4	412.3 (18.5)	424.3 (7.6)	358.8 (10.9)

**Obrázek 16** Dosažené výsledky při měření pomocí obrazovky a klávesnice. Výsledky jsou v podobě středních hodnot.

Výsledky studie prokázaly, že jednoduchá reakční doba se pohybuje lehce nad 200 ms, ale nejsou zde velké rozdíly mezi sportovci a netrénovanými subjekty. Naopak u výběrového reakčního času se vyskytoval velký rozdíl mezi skupinou sportovců a studenty se začátečními sportovci. Rozdíl byl jak u testování obou rukou, tak pouze jedné ruky. Ukázalo se tak, že sport v tomto případě Qwan Ki Do zlepšuje schopnost reagovat. [2]

**Název:** Monitoring of Cognitive Functioning by Measuring Reaction Times with Wearable Devices

**Autor:** Burcu Cinaz, Bert Arnrich, Gerhard Troster

**Publikováno:** 5th International conference on pervasive computing technologies for healthcare 2011

Reakční doba je považována jako jednoduchý kognitivní test. Při pravidelném testování reakčního doby je možné prokázat snížení kognitivních funkcí u daného jedince. Toto snížení je jedním z hlavních faktorů při diagnostice Alzheimerovy choroby, nebo demence. Studium se snaží vytvořit přenosné zařízení pro měření reakční doby v průběhu každodenního života. Experimentálně testují změny v reakčních časech mezi přenosným zařízením používající 3D akcelerometr a měřením reakční doby na stolním počítači.

Existují zejména tři typy měření reakční doby. Základní test, kde respondent odpovídá na jeden stimul pouze jednou odpovědí, např. při objevení písmena „a“ zmáčkne tlačítko. Druhý je tzv. rozpoznávací test. Respondent reaguje pouze na jeden konkrétní stimul a další musí ignorovat. Poslední typ se označuje jako výběrový reakční test, kde respondent na konkrétní stimul odpovídá konkrétní odpovědí.

Testování proběhlo nejprve na testu TOVA, tedy, že respondent odpovídá na výskyt černého čtverce na bílém pozadí v horní části obrazovky a ignoruje tento černý čtverec v dolní části. V první části respondent reagoval stlačením mezerníku, ve druhé části reagoval na stimul pomocí pohybu zápěstím. Test je nastaven na postupné zrychlování frekvence zobrazování černého čtverce. Testování probíhalo 10 minut a byla testována i druhá varianta tzv. N-Back, při níž respondent porovnává paralelně konkrétní stimul i s audio stimulem a reaguje pouze tehdy, pokud se oba tyto stimuly rovnají.

Subjects	Desktop-based		Wearable	
	RT [ms] Baseline	RT [ms] N-Back	RT [ms] Baseline	RT [ms] N-Back
1	336 ± 53	487 ± 222	433 ± 56	634 ± 205
2	355 ± 62	505 ± 218	444 ± 66	628 ± 157
3	347 ± 67	432 ± 113	448 ± 57	534 ± 126
4	380 ± 75	507 ± 225	599 ± 108	659 ± 217
5	342 ± 61	397 ± 107	473 ± 90	513 ± 138
<i>Mean ± Standard Deviation</i>				

**Obrázek 17** Reakční doby u stolního a přenosného zařízení.

Z výsledků je viditelné zpoždění přenosného přístroje oproti stolnímu přístroji. Toto zpoždění může být následkem toho, že zmáčknutí mezerníku je značně rychlejší, než pohyb rukou. Takto získaná data nejsou relevantní. Následně se tedy provedlo rozdělení dat na relativní změny hodnot a směrodatných odchylek mezi N-back a baseline typem testu. Finální výsledek ukázal, že relativní změny v průměrné době trvání a variability reakční doby jsou podobné u obou časových testů, jak pro osobní počítače, tak pro přenosná zařízení. Došlo se k závěru, že je možné měřit změny v reakčních časech, a tudíž sledovat změny kognitivních funkcí během každodenního života.[6]

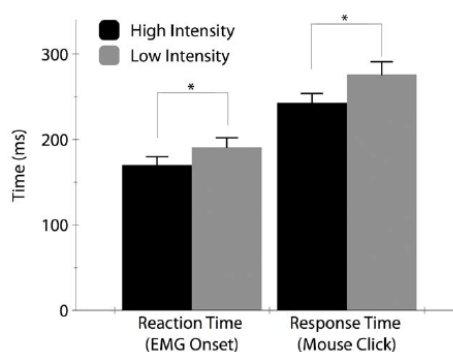
**Název:** Electrophysiological Correlates of Changes in Reaction Time Based on Stimulus Intensity

**Autor:** Bimal Lakhani, Albert H. Vette, Avril Mansfield, Verinica Miyasike-daSilva, William E. McIlroy

**Publikováno:** *Journal PlosOne* 2012

Tato studie je zaměřena na smyslovou a pohybovou aktivitu související s aktivitou na úrovni mozkové kůry při rychlé jednoduché reakci na „jednoduchý úkol“. Konkrétně je studie navržena tak, aby určila, zda vlastnosti senzorických nebo motorických kortikálních aktivit vedou ke snížení reakční doby, jestliže jsou vyvolané s vyšší intenzitou stimulu.

Testování proběhlo na dvanácti mladých jedincích bez svalového nebo neurologického hendikepu. Respondent byl testován na dvě základní úlohy. Na pohybovou reakci, kdy úkolem bylo zmáčknout tlačítko myši svou dominantní rukou a zároveň na smyslovou reakci, kde měl za úkol nereagovat na elektrický impuls. Testování probíhalo po blocích o počtu dvaceti stimulů, přičemž typ a doba mezi stimuly byla náhodná. Zároveň se měnila také intenzita stimulů. Možnost volby buď slabý, nebo silný stimul. Celkové testování mělo počet 200 stimulu, kde bylo obsaženo 50 od každé kombinace.



**Obrázek 18** Výsledky reakčních časů o různých intenzitách.

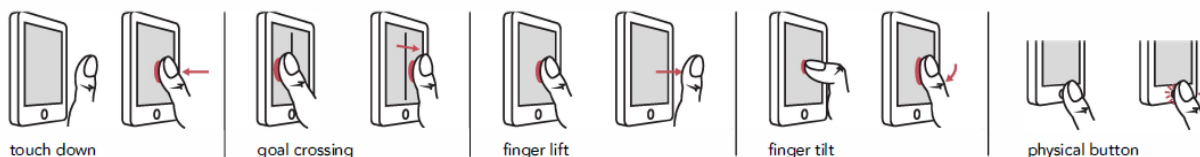
Studie představuje výsledky reakčních dob o dvou různých intenzitách. Z obrázku č. 9 jde vidět závislost intenzity stimulu na pohybové aktivitě. Hodnoty reakčních časů se v průměru pohybovaly v intervalu  $241 \pm 11$  ms pro vyšší intenzitu stimulu a  $274 \pm 15$  ms pro nižší intenzitu stimulu.[8]

**Název:** PVT Touch: Adapting a Reaction Time Test for Touchscreen Devices

**Autor:** Matthew Kay, Kyle Rector, Sunny Consolvo, Ben Greenstein, Jacob O. Wobbrock, Nathaniel F. Watson, Julie A. Kientz, Computer Science & Engineering, Information School, Neurology, Human-Centered Design & Engineering DUB Group, University of Washington

**Publikováno:** *7th International conference on pervasive computing technologies for healthcare and workshops 2013*

Psychomotorický test bdělosti (PVT) se považuje za jeden z testů reakční doby, jehož negativní výsledky mohou indikovat nedostatek spánku a bdělosti. Celý článek se zabývá převedením PVT testu na dotykové displeje mobilních telefonů. K měření reakční doby se obvykle používá fyzické tlačítko mobilní telefonů, které minimalizuje dobu reakce gesta. Cílem tedy bylo otestovat čtyři druhy pohybů na dotykovém displeji, změřit časy reakce jednotlivých pohybů a vyhodnotit, který pohyb se může použít místo fyzického tlačítka. Jedná se o tyto typy, které se při detekování stimulu rozlišují na: touch down (dotyk na obrazovku), goal crossing (překročení prstem definovanou hranici), finger lift (přerušení dotyku s obrazovkou), finger tilt (snížení plochy dotyku prstů na určitou hranici, avšak ne úplně zvednutí).



Obrázek 19 Grafické zobrazení testovaných typů pohybů

Zmíněným hlavním cílem je dosáhnout času měření reakční doby na dotykovém displeji stejném jakoby se jednalo o stlačování fyzického tlačítka u telefonu. Avšak k tomuhle přibývá problém sčítání zpoždění v softwarové a hardwarové části, jakožto grafická zpoždění a zpoždění výpočtu. S těmito zpožděními je třeba počítat a při výsledcích je zohlednit.

Po zpracování a analýze se jednotlivé typy pohybů rozdělily podle času do tří skupin. Minimální dobu pohybu obsahuje pohyb finger lift, který prokazoval téměř žádný čas na reakci. Skupina středních časů pohybů obsahující touch down a finger tilt. V průměru ovšem touch down prokazoval o 24,6 ms delší čas na reakci než finger lift. Tyto výsledky ukázaly, že touch down pohyb nebere podstatně více času, než čas reakce na použití fyzického tlačítka, který byl o 18,6 ms delší než finger lift pohyb. Poslední skupinou jsou pohyby s nejvyšší dobou na reakci, a to jsou goal crossing a finger tilt pohyb s časem reakce v průměru přesahující 75 ms delší, než finger lift.

Závěrem z článku vyplynuly doporučené pohyby na použití PVT testu na dotykových telefonech. Jako nejlepší pro použití se jeví finger lift pohyb, kvůli jeho citlivosti, avšak stále se doporučuje použití touch down pohybu z důvodu jeho podobných vlastností jako fyzické tlačítko. Mimo jiné také proto, že většina chytrých telefonů preferují oproti finger lift právě touch down pohyby. [17]

**Název:** Design of a General Reaction Time Test Instrument Based on Jump Motion

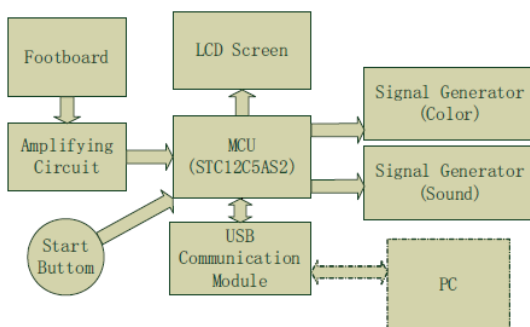
**Autor:** Li Yue, Song KeFei, Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences

**Publikováno:** 3rd International conference on computer science and network technology 2013

Cílem práce je vytvoření pomůcky na měření reakční doby pro atlety zejména zaměřeno na atlety ze středních a vysokých škol. Jelikož měření EMG u sportovců ve školách přes zavedenou sondu přímo do svalu není možné, byla vytvořena nášlapná podložka, která právě tuto reakční dobu snímá. V minulosti se u sportovců měřila reakční doba pomocí tlačítka v ruce, ale tento způsob není přesný. U nášlapné podložky se zapojují stejné svaly jako u běhu a tím je tento způsob měření přesnější. Kromě reakční doby může nášlapná podložka měřit také dobu a maximální sílu výskoku.

Nášlapná podložka je složena z LCD displeje, tlakových senzorů, generátoru signálu a světelných ukazatelů v podobě šipek nahoru, doprava, doleva a kolečko uprostřed, kde začíná test. Generátor může generovat buď jednoduché signály (skočí se na stranu, kde ukazuje šipka) nebo výběrové signály, kde testovaná osoba musí rozpoznat správnost, nebo nesprávnost signálu a následně reagovat.

Proces měření probíhá v následujícím pořadí. V nášlapné podložce tlakové senzory mění sílu na elektrický signál. Ten je následně zesilovači zesílen a filtrován. AD převodník tento signál převede na digitální data, které mikro kontrolér zanalyzuje a zobrazí na LCD displeji. Pokud je potřeba, jsou data přenesena do PC pomocí USB rozhraní.



**Obrázek 20** Blokový diagram přístroje testujícího reakční dobu

Použitý MCU pro nášlapnou podložku je STC12C5AS2, jedná se o 8 bitový vysoko rychlostní mikro kontrolér s AD převodníkem na čipu. AD převodník vzorkoval skupinu dat každou 1ms. Zvolené USB rozhraní se projevilo více flexibilnější než RS232 port, nebo GPIB, PIC porty, které potřebují speciální relativně drahou kartu. Navíc USB komunikace nabízí tzv.: plug and play systém připojení. Měřená data tedy mohou být po každou testu poslána do PC a následně analyzována PC softwarem.

Problémy vyskytující se při měření byly zejména v pohybu kolen před skokem. Ačkoli hardware měl interferenční filtry, nešlo se vyhnout interferenčnímu rušení okolí. Musel se tedy před zpracováním dat použít algoritmus digitálního filtrování tzv.: "plural metodou". [15]

**Název:** Reaction Time and Mortality From the Major Causes of Death: The NHANES-III Study

**Autor:** Gareth Hagger-Johnson, Ian J. Deary, Carolyn A. Davies, Alexander Weiss, G. David Batty

**Publikováno:** Journal PlosOne 2014

Studie zkoumá vztah rychlosti zpracování informací, měřené jako reakční doba v závislosti na úmrtnosti lidí. Jde o problém, že zpomalující se reakční doba zvyšuje šanci přičin k úmrtí a také zvyšující šanci na kardiovaskulární onemocnění. Může se totiž považovat za kandidáta na faktor určující specifické typy úmrtí.

Testování probíhalo na vzorku žijících lidí v USA, kteří podstoupili přísné podmínky k testování. Domácí interview, dotazník a navštívení mobilního testovacího centra byla jedna z podmínek. Finální vzorek tvořilo 5134 dospělých lidí z toho 2342 mužů ve věkovém intervalu 20-59let. Samotné testování probíhalo ve stisknutí tlačítka co nejrychleji hned potom, co se na obrazovce objeví symbol 0. Po 50 - ti opakování se vypočetla střední hodnota, která se použila jako finální hodnota daného vzorku pro následnou analýzu. Stimuly se opakovaly náhodně v periodě od 2,5 - 5 sekund. Etnická příslušnost, pohlaví, příjem alkoholu, cigaret, jídla, hodnoty BMI indexu a tlaku byly během testu také sledovány.

V předběžných výsledcích nebyla zjištěna žádná závislost mezi rozdílnou etnickou příslušností, nebo pohlavím na reakční dobu. Taktéž nebyla potvrzena závislost reakční doby na vliv vzniku rakoviny. Výsledky avšak demonstují, že pomalejší a variabilnější reakční doba je predikcí rizika úmrtnosti v daném testovaném vzorku. V budoucím řešení se doporučuje zakládat výzkum na těchto informacích a měřit reakční dobu rychle, levně během rutinního života. [11]

### **Zhodnocení, výsledek, závěr rešerše**

Z rešerše vyplývá, že můžeme reakční dobu považovat za částečnou predikci kvality lidského zdraví. Přičemž při testování musíme brát ohled na několik faktorů. Reakční doba se totiž liší v závislosti na intenzitě stimulu, zda je člověk trénovaný (např.: muzikant), která ruka je dominantnější, případně na typu testu reakční doby. Právě typ reakční doby značně ovlivňuje analyzované data podle náročnosti úkolu k dosažení, a ukončení měření reakční doby.

K měření reakční doby se běžně používá nepřímé metody měření využívající pohybovou odezvu na podnět. Přístrojů na toto měření je několik. Existují statické metody, kdy můžeme měřit na stolním PC a klávesnici, na které subjekt provádí reakci. Případně můžeme použít jakýkoli jiný typ přístroje měřící dobu trvání od stimulu po domluvenou reakci. Může se jednat i o kamerové snímání s PC analýzou. U statických přístrojů se nemusí měřit vždy reakce na pohyb ruky, ale pomocí nášlapné podložky lze měřit i odezvy nohou, nebo jiných částí těla. Tato metoda se hojně využívá u analýzy sportovců. Dynamičnost měření je zaručena implementací měřících aplikací do telefonu nebo tabletu.



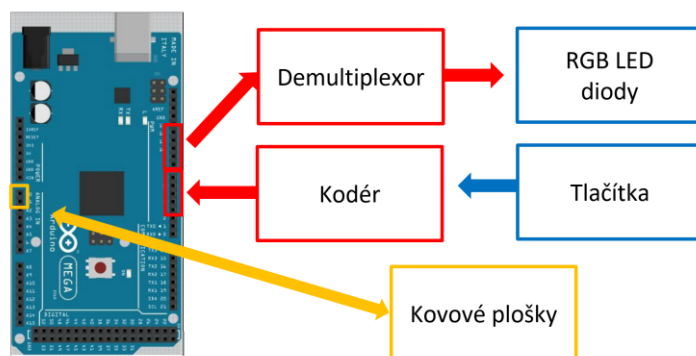
## 4 Praktické zpracování

### 4.1 Konstrukční idea

Idea měření reakčních dob spočívala v sestavení robustního měřícího zařízení, které bude obsahovat podsvícená tlačítka. Tato tlačítka představují vizuální stimul, na který bude zaznamenána reakční doba. Konec reakční doby bude signalizován stlačením příslušného rozsvíceného tlačítka. V tomto měření se projeví jak reakční doba percepce stimulu, tak reakční doba pohybu ruky. Aby se od sebe zmíněné reakční doby odlišily, tak do konstrukce přidány kovové plošky snímající nulovou pozici ruky. Následně bude možné měřit obě reakční doby zvlášť. Před finálním zařízením byl sestrojen minimalistický testovací model, na kterém bylo zapojení doladěno.

### 4.2 Minimalistický model

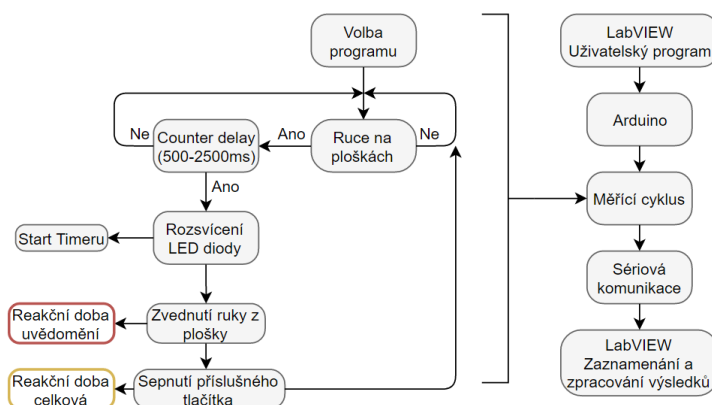
Testovací model byl sestrojen na nepájivém kontaktním poli. Zde bylo sestrojeno zapojení pro čtyři LED diody a 4 klasická tlačítka. Byly použity RGB LED diody, aby se dala konfigurovat jakákoli barva a intenzita. Následně tímto nastavením zvýšit využití pro měření reakčních dob na vliv intenzity a okolního osvětlení. Řízení celého zapojení probíhalo pomocí mikrokontroleru Arduino, odkud jsou rozsvíceny RGB LED diody přes demultiplexory. Stav tlačítek (stisknuto/nestisknuto) je pomocí kodéru snímán a výsledná binární kombinace výstupů je čtena na vstupních pinech mikrokontroleru.



Obrázek 21 Schématické zapojení minimalistického modelu

Zapojení kovových plošek je do série. Jde o dvojici plošek, přičemž vždy jedna je pro jednu ruku. Jedna ploška je pod napětím s bezpečným průchozím proudem<sup>3</sup> a z druhé plošky je napětí snímáno. Tudiž pokud nejsou plošky zkratované dotykem lidských rukou, tak na snímané straně je nulová hodnota indikující nepřítomnost rukou na nulové pozici. Celkový měřicí řetězec je znázorněn na vývojovém diagramu.

<sup>3</sup> Dle normy ČSN EN 60601-1 musí být maximální hodnota dotykového proudu menší než 100  $\mu\text{A}$ .

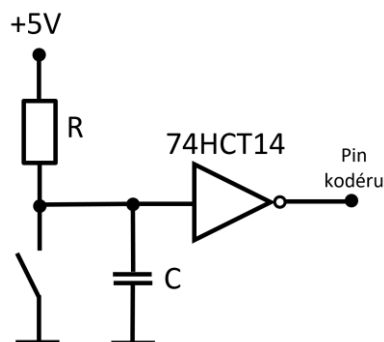


**Obrázek 22** Vývojový diagram měřicího programu

Po zvolení programu dochází ke kontinuálnímu snímání plošek na ruce, zda jsou ruce přiložené, tedy jsou na nulové pozici. Jakmile uběhne náhodně zvolený čas a ruce jsou stále na ploškách, dochází k rozsvícení náhodné LED diody a k začátku měření reakční doby. Při zvednutí ruky z plošky za účelem stisknutí tlačítka příslušné diody je zaznamenána reakční doba uvědomění. Po stisknutí tlačítka se jedná poté o celkovou reakční dobu

## 4.2.1 Závady modelu a jejich odstranění

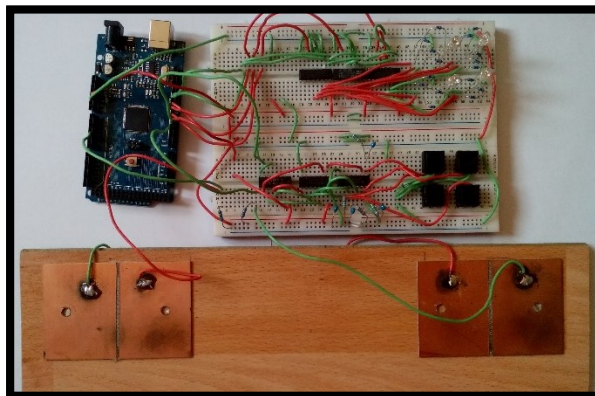
- **Zákmity tlačítek** – Jelikož jsou tlačítka mechanického typu, vyskytovaly se v modelu zákmity. Tento artefakt znemožňoval korektní měření reakčních dob a musel být odstraněn. Softwarové ošetření zákmitů nefungovalo na 100% a ojediněle se vyskytnul zákmit. Do zapojení se tedy ke každému tlačítku přidal pull-up rezistor s kondenzátorem. Následně byl signál upraven přes Schmittův invertor a snímán kodérem. Takto nám vzniklo bezzákmitové tlačítko.



**Obrázek 23** Schéma bezzákmitového tlačítka

- **Kovové plošky** – Kovové plošky ke snímání průchozího proudu člověkem dělaly problém v případě dotyku ruky pouze na jednu plošku, a to na plošku ze strany napájení. Ve stavu, kdy se ruce nedotýkaly ani jedné plošky, byly snímány velmi malé hodnoty sinusového signálu okolo nuly, pravděpodobně se jednalo o okolní šum 50Hz. Při dotyku jedné ruky na plošku ze strany napájení se snímaná sinusovka zesílila a překračovala v pravidelných intervalech nastavený práh, který indikoval přiložené obě ruce. Tento nežádoucí jev byl vyřešen průměrových filtrem, který signál při dotyku jedné ruky natolik zmenšil oproti signálu, který nastal při dotyku obou rukou.

- Odběry, náchylnost – Při prvním testu modelu byla zjištěna razantní ovlivnitelnost nezapojených vstupních pinů od pinů ostatních, případně okolního šumu. Zjištěný fakt se následně vyřešil uzemněním/napájením všech nepoužívaných vstupních pinů hradla v závislosti na pravdivostní tabulce. Kvůli možnému impulznímu odběru byly ke každému hradlu přidány blokovací a filtrační blokovací kondenzátory. Slouží jako místní zdroj energie a odstraňují část vysokofrekvenčních složek.



Obrázek 24 Minimalistický model

### 4.3 Návrh DPS

Na základě funkčnosti minimalistického modelu byla navrhována deska plošného spoje pro finálních 15 tlačítek. Návrh desky plošného spoje se rozdělil do dvou oboustranných desek, které jsou situovány nad sebe kvůli úspoře místa ve finální šasi. První deska se skládala z demultiplexorů, pinů pro RGB LED diody a pinů pro mikrokontrolér, zatímco druhá deska obsahuje potřebné součásti pro vytvoření bezzákmitových tlačítek a taktáž piny pro mikrokontrolér. Spodní deska má rozměry 150 x 110mm a dělá základnu k upevnění druhé desky, která má rozměry 110 x 82mm. Návrh DPS byl tvořen v programu Eagle verze 6.6.0, z něhož byla vygenerovaná příslušná dokumentace nacházející se v přílohách této práce.

- Schéma první DPS – příloha 1
- Návrh první DPS – příloha 2
- Seznam součástek k první DPS – příloha 5
- Schéma druhé DPS – příloha 3
- Návrh první DPS – příloha 4
- Seznam součástek ke druhé DPS – příloha 6

#### 4.3.1 Galvanické oddělení a ochrana při měření

Jelikož měření přiložených rukou probíhá pomocí průchozího proudu přes kovové plošky a tělem subjektu, je třeba zajistit, aby toto snímání bylo bezpečné a nemohlo tak dojít k poranění měřeného subjektu. První z ochranných opatření spočívá v zajištění bezpečného průchozího proudu, který musí být menší než 100 $\mu$ A. Ve schématu bylo použito rezistorů s hodnotou 100k $\Omega$  a maximálně možný průchozí proud při napájení 5V je 50 $\mu$ A, což splňuje podmínku bezpečného průchozího proudu.

Druhou ochranou je tzv. galvanické oddělení, které zamezuje přenosu energie mezi dvěma částmi obvodu za určitých nebezpečných podmínek. Galvanické oddělení je možno řešit několika způsoby. Řešení pomocí optočlenů bývá mnohdy používáno při pomalejších aplikacích, kde není prioritní rychlost přenosu dat. Galvanické oddělení kromě oddělení napájení taktéž odděluje i přenos dat, a proto bylo zvoleno řešení pomocí digitálního izolátoru a DC-DC měniče. Byla navržena deska plošného spoje, která obsahuje stranu od napájení s konektorem USB 2.0 a galvanicky oddělenou stranu s konektorem USB-B mini, který je jeden z nejdostupnějších u všech budoucích uživatelů.



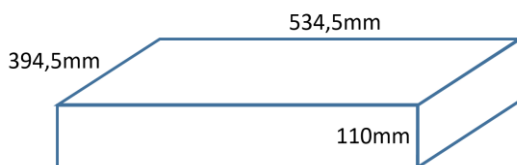
Obrázek 25 Diagram galvanického oddělení

Galvanické oddělení lze aplikovat na několika místech. Z blokového diagramu vyplývá, že bylo použito hned jako první blok vstupující do zařízení, aby pokud možno všechny komponenty měřicího zařízení byly chráněny. Schéma a návrh DPS galvanického oddělení lze vidět v příloze č. 9 a 10. K použitému digitálnímu izolátoru byly přidány rezistory a kondenzátory podle jeho technické dokumentace, aby byla zajištěna správná funkčnost.

### 4.4 Návrh Šasi

Tvar, materiál a technologie výroby šasi, která je pro celý přístroj prioritním komponentem, měla několik variant. Finální návrh byl dělán pro výrobu z lepeného průhledného plexi o tloušťce 5 mm. Průhledné plexi má napomoci k prezentaci práce, případnému přidání LED pásků za účelem zvýšení atraktivnosti práce a k jejímu designu.

Návrh byl tvořen v programu Autodesk Inventor verze 2016, který slouží pro nákresy 3D objektů. Kvůli finanční stránce výroby byla navržena pouze hrubá krabice (víko a spodek), jejichž detaily se dodělávaly ručně. Rozměry šasi jsou 394,5 x 110 x 534,5 mm. Tloušťka plexi byla vybrána tak, aby byla šasi robustní a vydržela nárazy rukou do tlačítek a zároveň nebylo měřicí zařízení příliš těžké a nestalo se tak imobilní. Jelikož se jedná o prioritní část zařízení, byla vyrobena u profesionální firmy Valter Špalek - Plexi.



Obrázek 26 Rozměry a tvar šasi

#### 4.4.1 Příprava šasi

Vyrobená šasi podstoupila několik úprav, aby vyhovovala pro realizaci finálního zařízení. Nejdříve se jednalo o navrtání děr do matice pro tlačítka o velikosti 4x4. K těmto díram vždy příslušela ještě poziční díra, aby se tlačítko neprotáčelo na místě. K šasi byly přiděleny dvě úchytky ve vyšší části stěny. Toto umístění zamezuje nevědomému roztahování lepených stěn, oproti umístění úchytek, například uprostřed nebo vespod stěny. Aby se zařízení při měření nepohybovalo, byly namontovány na

spodní stranu šasi proti-skluzné gumové nožky. V poslední řadě se do každého rohu šasi přilepily oranžové krychle z novoduru, do kterých se navrtal závit, a bylo tak zajištěno spojení víka se spodní stranou pomocí šroubku. Konečný technický náčrtek přiložen jako příloha 7.

## 5 Realizace měřícího zařízení

Po připravení dílčích částí jakožto realizace funkčního minimalistického modelu, návrhu DPS, šasi a její výroby, došlo k finálnímu sestavení zařízení. Realizace měřícího zařízení probíhala v několika krocích. Seznam použitých součástek je přiložen jako příloha 8.

### 5.1 Osazení a umístění DPS

Po vyleptání dvou DPS došlo v první řadě k jejím opravám. Chybou fólie na desce došlo ke špatnému osvětlení a přes jednu desku vedly tři osvětlené linie, které přerušily veškeré cesty. Ty byly opraveny natáhnutím cínu přes mezeru, případně byl zaveden připájením krátký drátek jako náhrada dané cesty.

Následně byly propojeny měděným drátkem veškeré naznačené díry, aby se spojily cesty i s druhou stranou DPS. Po tomto propojení byla postupně u všech cest zkontrolována jejich vodivost od začátku do konce. Tímto jsme se vyvarovali například špatným připájením propojek nebo nechtěnému zkratování cesty se zemí.

Jakmile byly cesty v pořádku, byly desky osazeny samotnými součástkami. Součástek nebylo mnoho, ale jednalo se hodně o 14-ti, nebo 16-ti pinové hradla, pod kterými vedly cesty a muselo se dbát důkladně na přesnost připájení a minimalizaci chyb. Jakmile byly desky kompletně osazené, proběhla ještě jednou kontrola cest, aby nedošlo při zapojení ke zkratu a nechtěnému zničení některé součástky.

Osazené desky byly umístěny na spodní stranu šasi pomocí distančních sloupků. Pozice desek je u jedné užší stěny, aby se předešlo kontaktu s tělem tlačítka, které je značně dlouhé.

### 5.2 Osazení tlačítka

Tlačítka, která budou sloužit pro rychlé stisknutí proměnlivou silou, musí být robustní a odolná proti těmto ranám. Ze všech možností vyšlo nejlépe čtvercové tlačítko GPB310 značky Gamesman, které se používají v automatových hrách a jsou pro tyto rychlé stlačování stavěné.



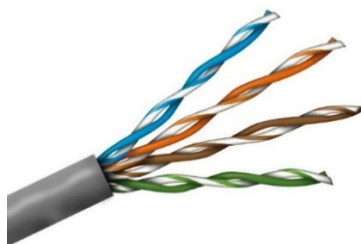
Obrázek 27 Tlačítko Gamesman GPB310 – oranžové

Naneštěstí originálně jsou tlačítka podsvícená 12V jednobarevnou žárovkou. Pro naše potřeby proběhla úprava podsvícení tlačítka z 12V žárovky na RGB LED diodu napájenou 5V. Dvě ze čtyř nožiček byly napájeny na originální plošky uvnitř tlačítka. Zbývající dvě nožičky byly prodlouženy drátkem a vyvedeny po stranách těla tlačítka ven. Usazení tlačítek do děr probíhalo jednoduše pomocí matice na těle tlačítka. Bohužel díry však neměly vždy přesný rozměr, jak udává výrobce a tlačítka se

mnohdy hýbala. Volný prostor v dírách šasi byl vyplněn tavným lepidlem, které vyplnilo přebytečné mezery. Pohyb tlačítek v dírách byl tímto eliminován a tlačítka byla připravena k dalšímu zpracování.

### 5.3 Natažení kabelů

Po nainstalovaných tlačítkách a usazených DPS je nutné tyto dvě části propojit. Propojení proběhlo pomocí UTP kabelu, který obsahuje čtyři barevně odlišené kroucené dvojlinky. Ke každému tlačítku je vedeno šest kabelů (4 pro diodu, 2 pro tlačítko), respektive jenom pět, jelikož dva z nich jsou zem a jdou spojit do jednoho kabelu. Kabel se zemí byl natáhnut k tlačítkům systémem mřížky. Následně bylo potřeba čtyř kabelů ke každému tlačítku a UTP kabel byl rozdělen na čtyři vlákna s plnou barvou pro jedno tlačítko a čtyři kabely s půlkou barvy pro tlačítko druhé.

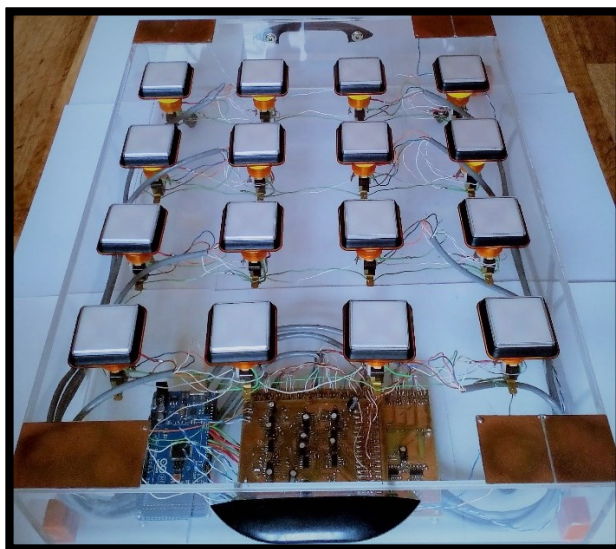


Obrázek 28 UTP kabel

Barevné značení korespondovalo s nožičkami od RGB LED diod a hnědý kabel je napojen na jednu stranu tlačítka. Smysl použití UTP kabelu bylo shlukování pokud možno co nejvíce kabelu pospolu, aby měřicí přístroj nebudil dojem neuspořádané hromady kabelů a drátů. Barevná odlišitelnost drátů posléze pomůže k úspoře času při hledání případných potíží.

### 5.4 Propojení s mikrokontrolérem

Mikrokontrolér Arduino Mega 2560 byl umístěn pomocí distančních sloupků vedle již připevněných a osazených desek plošných spojů. Pomocí samostatných drátků se napojily desky k Arduino do příslušných pinů, se kterými se nadále pracovalo při programování měřicího algoritmu.



Obrázek 29 Finální měřicí zařízení



## 6 Měřicí systém

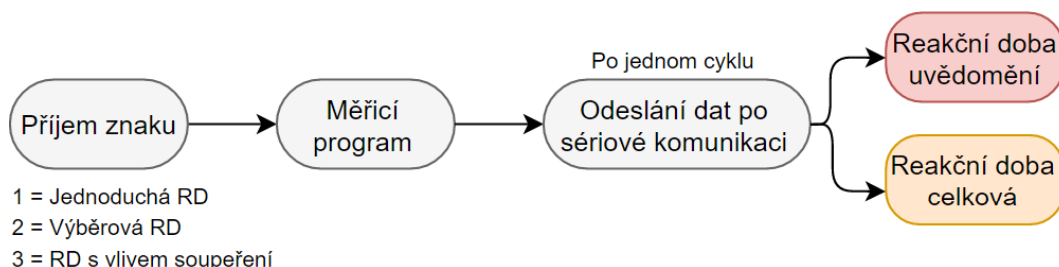
Měřicí systém se skládá ze dvou částí. První část tvoří mikrokontrolér. Pro účely práce se jedná o Arduino Mega 2560, který zajišťuje řízení hardwarové části. Jedná se o rozsvěcování tlačítek, snímání kovových plošek, snímání stisku tlačítek, měření reakční doby. Komplexně mikrokontrolér zajišťuje veškeré měřicí algoritmy. V neposlední řadě Arduino posílá přes sériovou komunikaci naměřená data do druhé části měřicího systému, která se skládá ze softwaru pro obsluhu měřicího zařízení.

Software byl naprogramován v prostředí LabVIEW a slouží ke spuštění zvoleného programu a následnému příjmu dat, k jejich částečnému okamžitému zpracování a ukládání dat pro post – analýzu. Software obsahuje jednoduchá ovládání s několika grafickými a numerickými prvky, které efektivně reprezentují uživateli naměřená data. Detailněji je software popsán v kapitole 6.3.

### 6.1 Arduino Mega 2560

Jako první volba byl mikrokontrolér Arduino Nano, který ovšem nesplnil kapacitu potřebné operační paměti pro program. Jako náhrada byl zvolen jiný typ a to Arduino Mega, který obsahuje paměť o dostatečné velikosti 256 kB. Mikrokontrolér Arduino navíc nabízí jednoduché programátorské vývojové prostředí, které značně snížilo čas na realizaci měřicího programu.

Do mikrokontroléru byly naprogramovány tři měřicí algoritmy. První algoritmus pro měření jednoduché reakční doby, druhý pro měření reakční doby výběrové a poslední algoritmus slouží pro měření reakční doby s vlivem soupeření.



Obrázek 30 Blokový diagram chování měřících algoritmů

Jak je z blokového diagramu vidět, celý algoritmus začíná příjmem znaku v podobě čísla ze softwaru. Podle přijatého znaku se rozhodne jaký měřicí program a pro jakou reakční dobu bude následně spuštěn. Probíhá jeden cyklus měření reakční doby, a jakmile dojde ke zmačknutí tlačítka dochází k odeslání dat do sériové linky. Data jsou odesílána s rozpoznávacím znakem před hodnotou, aby software mohl reakční dobu vyhodnotit, buď jako reakční dobu uvědomění, nebo celkovou. Formát reakční doby uvědomění lze tedy vidět jako „a123“, naopak reakční doba celková je ve formátu „b345“.

**Algoritmus pro jednoduchou reakční dobu** – Jedná se o algoritmus pro měření nejjednodušší reakční doby. Měření je realizováno tak, že osoba musí položit obě ruce na kovové plošky. Následně je rozsvíceno jedno z tlačítek jednou barvou. Jednoduchost reakční doby spočívá v tom, že měřený subjekt nepřemýšlí nad barvou rozsvíceného tlačítka, ale reaguje pouze na jeho rozsvícení. Reakční doba uvědomění je měřena jako čas uplynulý od rozsvícení tlačítka po přerušení kontaktu jedné z rukou s kovovou ploškou. Reakční doba celková je čas uplynulý od rozsvícení tlačítka do jeho stisknutí.



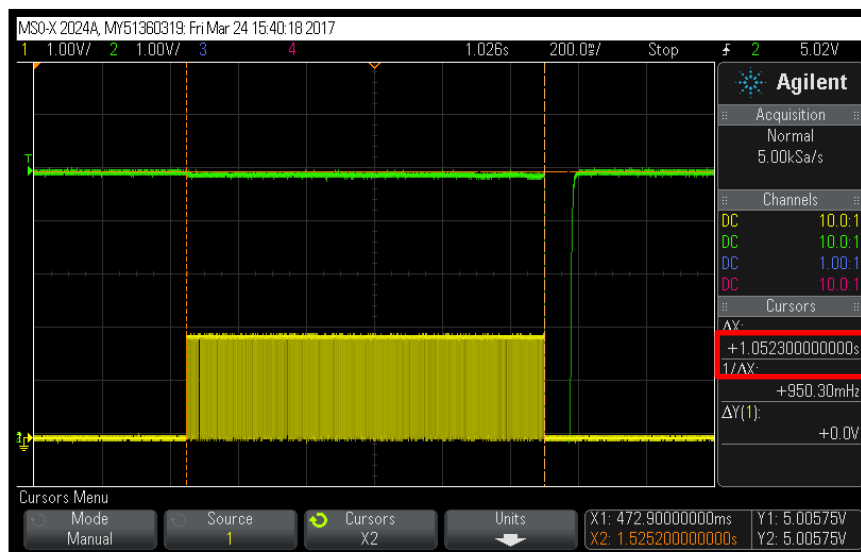
**Algoritmus pro výběrovou reakční dobu** – Další typ měřené reakční doby nese název výběrová reakční doba. Algoritmus pro měření výběrové reakční doby obsahuje i rozhodovací faktor, který je reprezentován výběrem správné barvy. Subjekt se před měřením informuje, že má reagovat (stlačit) pouze tlačítka jedné barvy např.: zelené. Jakkoli jinak zbarvená tlačítka má ignorovat. Odesílání dat do softwaru probíhá obdobně jako u jednoduché reakční doby.

**Algoritmus pro reakční dobu s vlivem soupeření** – Poslední program obsahuje měření s vlivem soupeřivosti, čili probíhá měření dvou subjektů zároveň, přičemž primárně vyhodnocován je vždy ten, kdo první dosáhne předdefinovaného počtu naměřených reakčních časů (obvykle 30 nebo 50). Mohla by se vyhodnocovat reakční doba i druhého hráče, ale není u něho zaručený počet naměřených dob. Pokud by subjekty byly nevyrovnané, mohl by horší subjekt mít například pouze dvě naměřené hodnoty, ze kterých nelze vyhodnotit korektní výsledky. U tohoto typu měření se snímané pole 16-ti tlačítek rozdělí na dvě stejné poloviny. Subjekty stojí proti sobě a mají ruce na svých ploškách. V jednu chvíli se rozsvítí dvě tlačítka (jedno z každé poloviny) na stejných pozicích vůči pohledu každého subjektu. Ten, kdo zmáčkne příslušné tlačítko ze své poloviny dříve, toho reakční doba se ukládá. U subjektu, který první dosáhne definovaného počtu reakčních dob, může být provedena post-analýza.

U prvních dvou algoritmů lze kromě jiných vlivů aplikovat na měření vliv výběru ruky, jakožto například stlačování pouze levou rukou, či pouze pravou rukou, popřípadě jakoukoli. Zda subjekt ovšem opravdu stlačuje pouze pravou rukou, není programem hlídáno a je třeba toto kontrolovat vizuálně během měření.

## 6.2 Přesnost měření

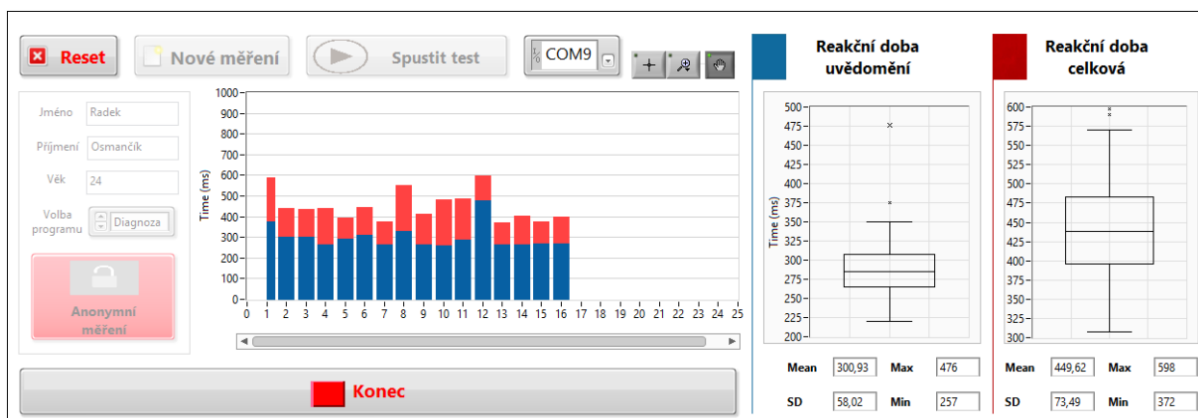
Jelikož jsou hodnoty reakčních dob v jednotkách milisekund, je přesnost měření důležitým aspektem ke korektnímu vyhodnocení výsledků. U zařízení se musela zjistit zpoždění měřicího řetězce a tedy odchylka naměřené hodnoty od hodnoty reálné. Zařízení bylo testováno na osciloskopu, kde na žlutý kanál byla napojena RGB LED dioda v tlačítku a na zelený kanál napětí na tlačítku. Byl zachycen jeden cyklus programu a pomocí kurzorů byla změřena reálná reakční doba. Z osciloskopu vyšla reálná hodnota reakční doby 1053 ms, přičemž software ukázala hodnotu 1056 ms. Odchylka 2 – 4 ms se projevovala i při opakovaných měřeních a lze ji považovat za konečnou. Pokud budeme uvažovat, že nejkratší možná měřená reakční doba nebude menší než 200 ms, můžeme tvrdit, že odchylka měření bude vždy menší než 2%. Odchylka je malá a při měření na ní nebude brán ohled. Naměřené hodnoty se budou brát jako konečné.



Obrázek 31 Testování přesnosti měřicího systému

## 6.3 Uživatelský software

Uživatelský software byl vytvořen v prostředí LabVIEW formou spustitelné aplikace. Software je designován na tři uživatelské části. První část nabízí uživateli možnosti uložení a volby programu. Druhá část nacházející se v centrální části je, graficky zobrazovací a reprezentuje reakční doby v reálném čase během měření. Navazující poslední část obsahuje základní statistické informace plynoucí z naměřených dat.



Obrázek 32 Uživatelský software na měření reakčních dob

**Ovládací prvky** – Program obsahuje několik ovládacích prvků pro jeho hladký chod. Prvek ovlivňující chod celé aplikace je pouze tlačítko konec, který je situován ve spodní části. Před spuštěním měření je zapotřebí nastavit COM port, ve kterém je zařízení zapojeno. Tlačítko „Nové měření“ slouží k nastavení cesty a jména souboru, do kterého se budou data ukládat. Jakmile je nové měření potvrzeno, odemkne se tlačítko „Spustit test“, po jehož kliknutí se spustí zvolený měřicí program. Veškerá tlačítka, která není nutno používat během měření, se po jeho spuštění zablokují a zešednou. Aktivní jsou opět až po resetování celého programu.



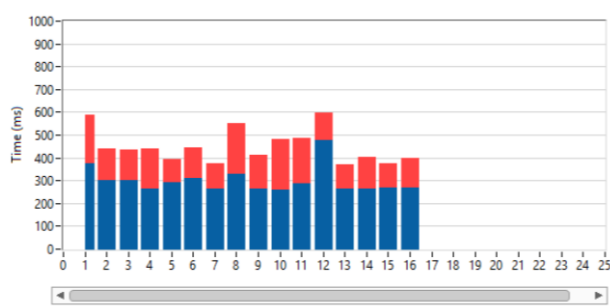
Obrázek 33 Ovládací prvky programu

**Nastavení měření** – Před měřením je důležitou částí vybrat si správný program. Toto nastavení je možné najít v levé části programu společně s kolonkami pro jméno, příjmení a věk měřeného subjektu. Jméno a příjmení není pro měření úplně nezbytné a proto má subjekt možnost anonymního měření. Jakmile je tato možnost zvolena, kolonky pro jméno a příjmení se zablokují a zeshednou. Věk je ovšem jeden z důležitých ovlivňujících vlivů reakční doby a je při každém měření požadován. Volba programu obsahuje položky „Diagnóza“, reprezentující program na jednoduchou reakční dobu, „Choice“ pro volbu programu na výběrovou dobu a „Double“ označující program pro dva hráče.

Forma pro nastavení měření: Jméno: Radek, Příjmení: Osmančík, Věk: 24, Volba programu: Diagnóza, Anonymní měření (zelené tlačítko s ikonou zámku).

Obrázek 34 Volba programu a záznam osobních údajů

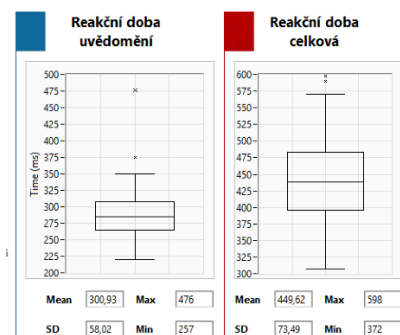
**Průběh měření** – K vizualizaci průběžných výsledků během měření slouží sloupcový graf, který se aktualizuje vždy po nové příchozí hodnotě. Modrá barva udává hodnotu reakční doby uvědomění, zatímco červenou barvou je vyznačena reakční doba celková. Svislá osa je omezena horním limitem 1000ms. Kdyby byla hodnota vyšší, je možné si ji zobrazit pomocí nástrojů určených k pohybu po grafu, které lze nalézt nad grafem. Vodorovná osa zobrazuje pořadí měřených reakčních dob. Maximum zobrazených je 25, ale posuvníkem pod grafem je možné si zobrazit i zbylé hodnoty. Pokud bude probíhat program „Double“, tak modrá barva bude značit reakční doby od prvního subjektu, zatímco červená barva od subjektu druhého.



Obrázek 35 Vizualizace reakčních dob ve sloupovém grafu

**Statistické výsledky** – Poslední důležitou částí, je zobrazení statistických veličin formou grafu. Jedná se o krabicový graf, který se vykresluje pro každý typ reakčního času jednotlivě. Z grafu můžeme hned vyčíst maximální, minimální hodnotu, medián, 75% a 25% percentil. Na první pohled lze z grafu poznat rozložení dat ve zkoumaném vzorku. Přičemž důležitým aspektem mohou být odlehlé hodnoty, které na základě tohoto zobrazení mohou být odebrané ze vzorku a přispět ke korektnějším výsledkům v post – analýze. Pod grafy lze vidět přesné hodnoty minima, maxima, střední hodnoty a směrodatné odchylky.

U programu „double“ platí totéž co v minulém odstavci – modrý krabicový graf bude reprezentovat první subjekt a červený krabicový graf subjekt druhý.



Obrázek 36 Statistické vyhodnocení během a ihned po měření

Při měření více subjektů u specifické skupiny lidí, nebo při měření jednotného vlivu může tato jednoduchá statistická část napomoci k vytvoření prvního závěru dosažených výsledků po ukončení měření dané skupiny. Kdyby měl uživatel k dispozici nashromážděná data a udělané normy pro měřené hodnoty, může ihned po měření sdělit měřenému subjektu pozitivní, či negativní výsledek a porovnat výsledek měření s normovanými hodnotami.

## 7 Hodnocení měření

Po dokončení měřicího hardwaru a ovládacího softwaru, bylo měřeno několik subjektů při působení různých vlivů. Měření probíhalo formou krátkodobého měření, nebo dlouhodobého měření, přičemž za krátkodobé měření je považováno měření, při kterém nedochází k ovlivnění reakčních dob vlivem času. U dlouhodobého měření je naopak vliv času podstatný. Pokud to bylo možné, tak subjekty byly vždy testovány programem jak na jednoduchou reakční dobu, tak na reakční dobu výběrovou. Při jednoduché reakční době běžel program až do dovršení 50-ti naměřených dob. U doby výběrové se jednalo o 30 reakčních dob. Výsledky byly uloženy a následně byla analyzována závislost vlivu na reakční doby uvědomění, celkové reakční doby a doby pohybu ruky, která je považována jako rozdíl reakční doby uvědomění a celkové reakční doby.

### 7.1 Krátkodobé měření

Krátkodobé měření je bráno jakožto jedno měření od daného typu reakční doby na subjektu při daném působícím vlivu. Jako působícím faktorem byla volba rukou, zda subjekt mohl reagovat oběma rukama, pravou nebo pouze levou rukou. Vliv věku subjektu na hodnotu reakčních dob. Vliv motivace při měření dvou subjektů zároveň a vliv hlasité hudby, jakožto rušivý element na koncentraci při měření.

#### 7.1.1 Vliv použité ruky

Subjekty byly testovány postupně třikrát na každém druhu měření (jednoduché, výběrové), kde byly vždy před začátkem měření informovány, kterou ruku mají použít. Poprvé mohl subjekt použít obě ruce kdykoli to uznal za vhodné, následně proběhlo měření, kde mohl reagovat na stimuly pouze pravou rukou a poslední měření bylo provedeno stejně, ale s rukou levou. Subjekty podstoupili 50 měření reakčních dob pro jednoduchou reakční dobu a 30 cyklů pro reakční dobu výběrovou.

Očekávané výsledky by měly reprezentovat zkrácení reakčních dob při použití dominantní ruky u měřených subjektů. Zároveň zhodnotit závislosti vlivů, zda omezení použití ruky působí spíše pozitivně, nebo spíše negativně na celkové reakční doby.

Z měřeného vzorku bylo vybráno pět následujících subjektů, jako příklady pro porovnání naměřených hodnot při působení vlivu použité ruky. Aby bylo měření pokud možno co nejpřesnější, byly subjekty vybrány z úzkého věkového intervalu 18-26 let s dobrou mentální kondicí, myšleno tak, že subjekt netrpěl žádnou mentální poruchou, nebo deficitem, který by mohl ovlivnit jeho reakční dobu.

**Tabulka 1 Charakteristika měřených subjektů**

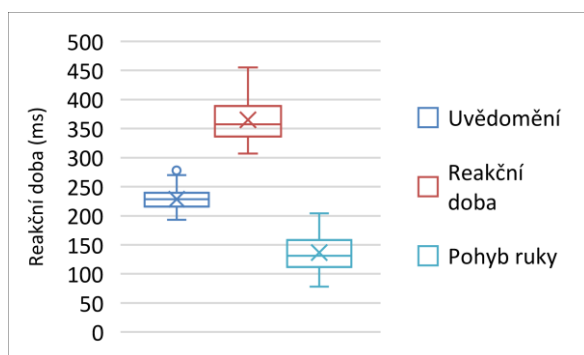
Číslo subjektu	Dominantní ruka	Věk	Mentální kondice
1.	Pravá	18	Výborná
2.	Pravá	24	Výborná
3.	Pravá	24	Výborná
4.	Pravá	17	Výborná
5.	Pravá	26	Výborná

Dva vybrané subjekty a jejich dosažené hodnoty při možnosti použití obou rukou lze vidět na následujícím vyhodnocení. Subjekt č. 1 byl vybrán pro reprezentování jednoduché reakční doby, zatímco subjekt č. 4 pro reakční dobu výběrovou. Tyto dva subjekty vykazovaly největší rozdíly reakčních doby při měření vlivu použité ruky.

**Jednoduchá reakční doba** – výsledky jednoduché reakční doby jsou reprezentovány pro první měřený subjekt pomocí krabicových grafů s následnou tabulkou středních hodnot reakčních dob uvědomění, celkových reakčních dob a dob pohybu ruky všech měřených subjektů.

**Výběrová reakční doba** – jakmile subjekty prošly měřením jednoduché měřené doby, měly hodinu pauzu a podstoupily stejné měření, ale pro výběrovou reakční dobu. Na první pohled je vidět, že oproti jednoduché reakční době jsou výsledky výběrové reakční doby prodlouženy o faktor výběru správné podmínky (barvy tlačítka) a hodnoty reakčních dob jsou o několik desítek milisekund navýšeny.

Obě ruce (subjekt č. 1)

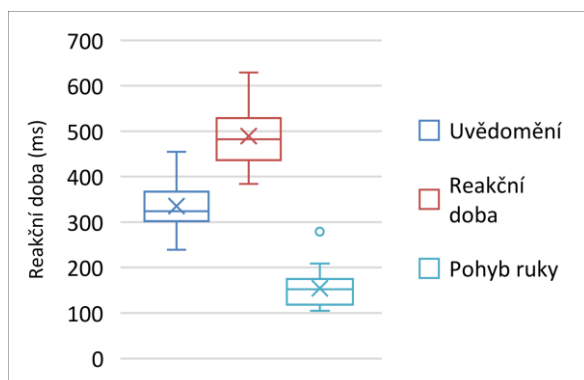


Obrázek 37 Reakční doby pro měření jednoduché reakční doby

Tabulka 2 Střední hodnoty při použití obou rukou.

Číslo subjektu	Střední hodnota (ms)		
	Reakční doba uvědomění	Celková reakční doba	Doba pohybu ruky
1.	228,3	365,0	136,7
2.	235,5	430,2	194,6
3.	278,1	438,84	160,7
4.	268,5	413,6	145,1
5.	249,2	508,8	259,5

Obě ruce (subjekt č. 4)



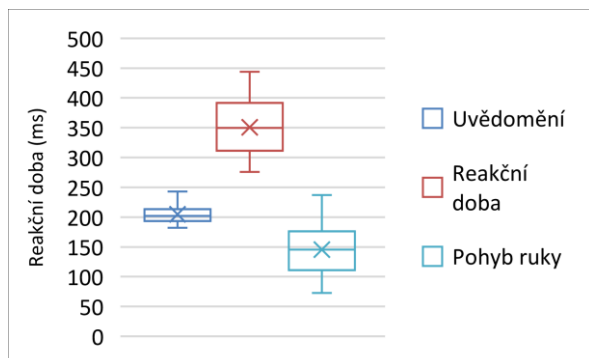
Obrázek 38 Reakční doby pro měření výběrové reakční doby

Tabulka 3 Střední hodnoty při použití obou rukou.

Číslo subjektu	Střední hodnota (ms)		
	Reakční doba uvědomění	Celková reakční doba	Doba pohybu ruky
1.	260,9	403,2	142,3
2.	297,1	478,9	181,8
3.	310,9	467,3	156,4
4.	334,0	489,5	154,5
5.	298,1	557,4	259,3

Následně jsou výsledky srovnány i pro použití pouze levé a pouze pravé ruky pro jednoduchou a výběrovou reakční dobu.

Levá ruka (subjekt č. 1)

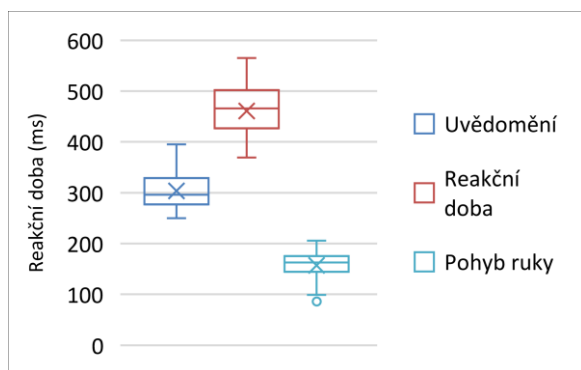


Obrázek 39 Reakční doby pro měření jednoduché reakční doby

Tabulka 4 Střední hodnoty při použití pouze levé ruky.

Číslo subjektu	Střední hodnota (ms)		
	Reakční doba uvědomění	Celková reakční doba	Doba pohybu ruky
1.	204,9	350,6	145,7
2.	216,8	418,1	201,4
3.	256,2	428,4	172,2
4.	240,3	400,9	160,6
5.	232,6	512,8	280,2

Levá ruka (subjekt č. 4)

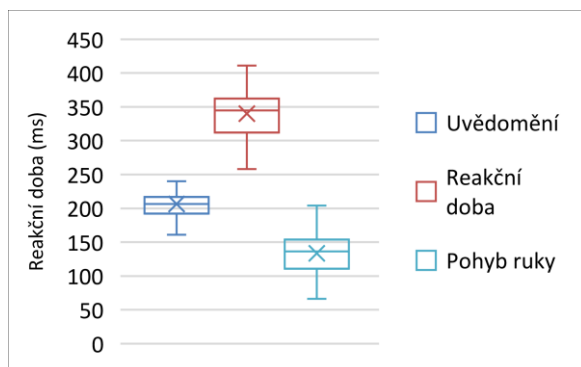


Obrázek 40 Reakční doby pro měření výběrové reakční doby

Tabulka 5 Střední hodnoty při použití pouze levé ruky.

Číslo subjektu	Střední hodnota (ms)		
	Reakční doba uvědomění	Celková reakční doba	Doba pohybu ruky
1.	250,3	412,1	161,8
2.	278,5	466,8	188,3
3.	324,9	496,1	171,2
4.	303,8	460,7	156,9
5.	260,2	512,3	252,1

Pravá ruka (subjekt č. 1)

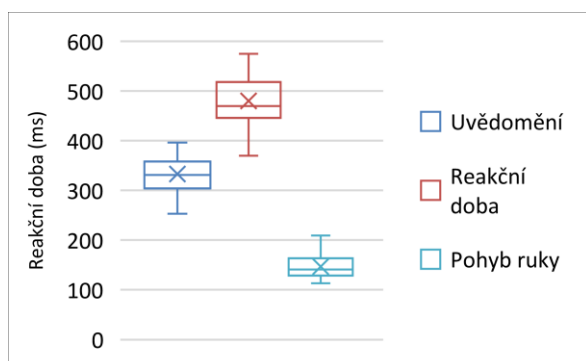


Obrázek 41 Reakční doby pro měření jednoduché reakční doby

Tabulka 6 Střední hodnoty při použití pouze pravé ruky.

Číslo subjektu	Střední hodnota (ms)		
	Reakční doba uvědomění	Celková reakční doba	Doba pohybu ruky
1.	206,2	339,9	133,7
2.	225,6	416,1	190,5
3.	270,8	456,9	186,1
4.	262,4	418,9	156,5
5.	223,9	497,3	242,2

Pravá ruka (subjekt č. 4)



Obrázek 42 Reakční doby pro měření výběrové reakční doby

Tabulka 7 Střední hodnoty při použití pouze pravé ruky.

Číslo subjektu	Střední hodnota (ms)		
	Reakční doba uvědomění	Celková reakční doba	Doba pohybu ruky
1.	264,7	408,3	143,6
2.	291,2	469,8	178,6
3.	322,4	490,8	168,4
4.	333,2	479,6	146,5
5.	281,9	538,3	256,4

## 7.1.2 Zhodnocení

**Jednoduchá reakční doba** – z měření vychází, že pokud bylo subjektu určeno použití pouze jedné konkrétní ruky, došlo ke zkrácení reakčních dob. Zkrácení se projevilo zejména u reakční doby uvědomění, jelikož doba pohybu ruky zůstávala téměř stejná. Je možné tvrdit, že zkrácení celkové reakční doby je zapříčiněno odstraněním vlivu rozhodnutí, kterou ruku na stlačení v danou chvíli subjekt použije. Nekalkuluje tedy s tím, zda je tlačítko blíže druhé ruce, nebo nikoli. Měřené osoby měly vždy dominantní ruku pravou a dle dosažených výsledků nelze jasně říci, že ke zkracování reakčních dob docházelo při dominantní ruce, ale pouze při omezení na použití jedné z rukou.

**Výběrová reakční doba** – výsledky jsou hodně variabilní, jelikož docházelo v některých případech jak k mírnému zrychlení, tak naopak k prodloužení reakčních časů. Tento fakt mohla zapříčinit prodleva mezi cykly, nastala-li špatná barva a subjekt stimul ignoroval, tedy více se koncentroval na nadcházející stimul, oproti jednoduché reakční době, ve které subjekt reagoval na každý stimul.

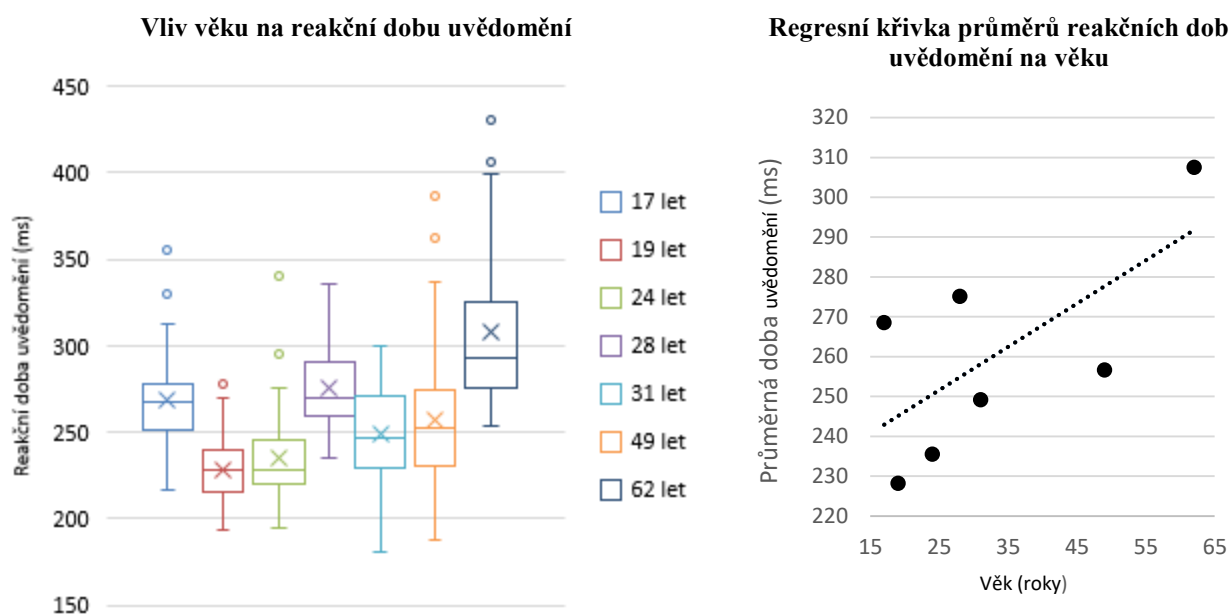
Ačkoli subjekt měl špatný stimul ignorovat, docházelo občas k částečné reakci v podobě manévru nad tlačítkem, avšak bez jeho zmáčknutí. Z výsledku lze říci, že téměř u většiny subjektů došlo k mírnému zlepšení reakčních dob uvědomění při použití jen jedné ruky, zatímco naopak doba pohybu ruky se mírně prodloužila a celkové reakční doby tímto faktem nevykazovaly téměř žádnou změnu oproti reakčním dobám při použití obou rukou.

## 7.1.3 Vliv věku na reakční dobu

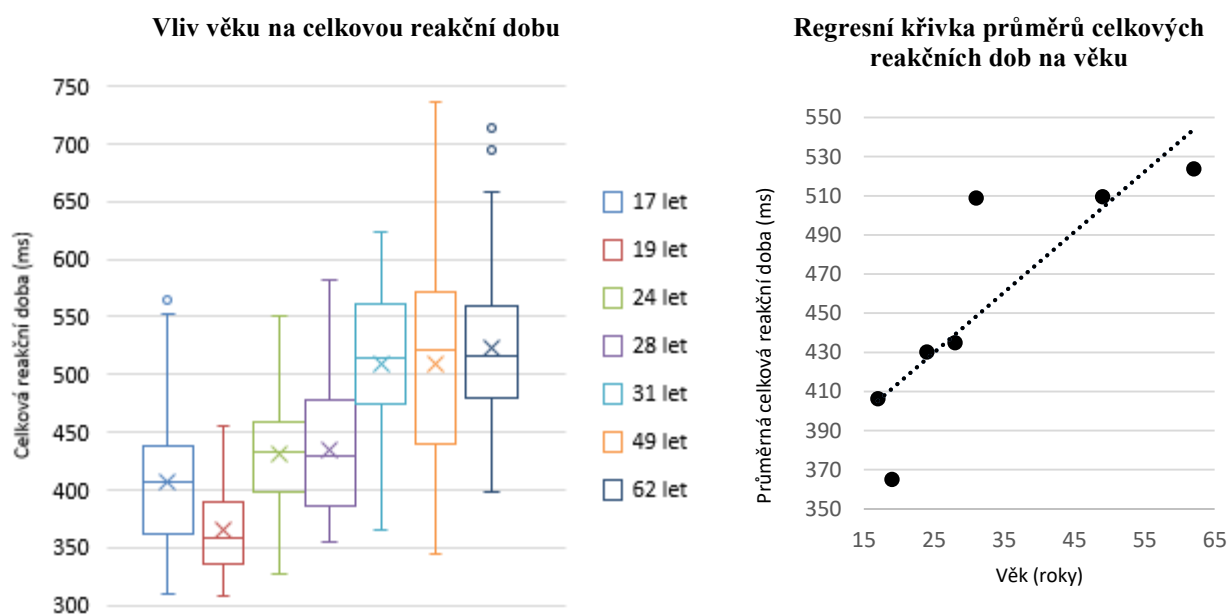
Věk je jeden z důležitých působících vlivů, jelikož zhoršené kognitivní funkce se projevují více s přibývajícím věkem, dá se tedy předpokládat, že by se reakční doba měla s přibývajícím věkem prodlužovat.

**Jednoduchá reakční doba** – výsledky byly získány částečně z měření vlivů použité ruky a částečně jednotlivým měřením. Rozpětí věku měřených subjektů bylo od 17-ti do 62 let.



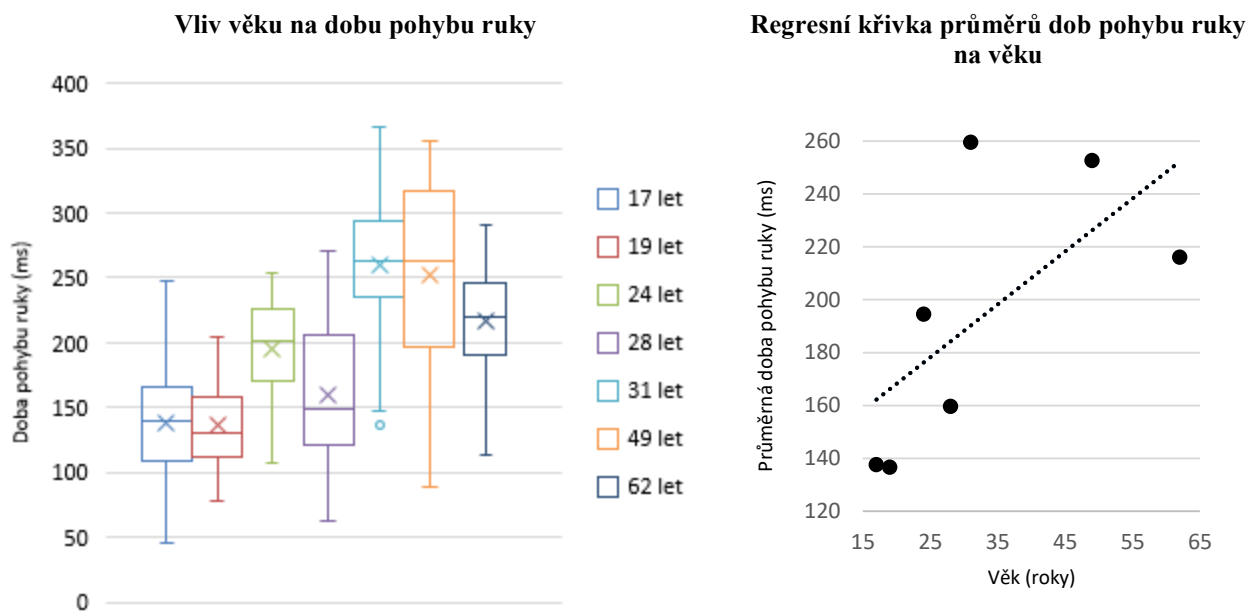


Obrázek 43 Analýza reakčních dob uvědomění na vlivu věku osoby při měření jednoduché reakční doby.



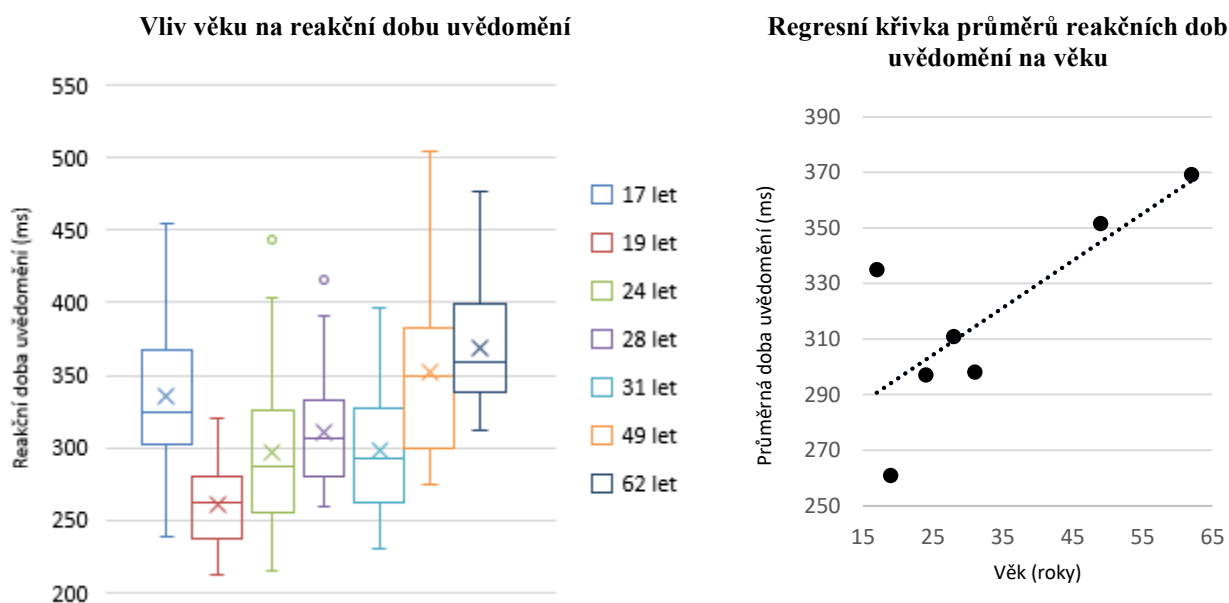
Obrázek 44 Analýza celkových reakčních dob na vlivu věku osoby při měření jednoduché reakční doby.

Regresní křivky reprezentují, že s přibývajícím věkem má reakční doba prodlužovací charakter. Maximální rozdíl středních hodnot měřených subjektů je 159 ms, přičemž 79 ms patří reakční době uvědomění a 80 ms pohybu ruky. Velký vliv na celkovou reakční dobu má právě doba pohybu ruky, která se se vzrůstajícím věkem zvyšuje. U mladších lidí byly pohybové reakce hbitější, což přispělo k nižším hodnotám celkové reakční doby. Důležitým faktem je interval, ve kterém se hodnoty reakčních dob nacházejí. Zatímco u mladších osob je interval hodnot úzký, s přibývajícím věkem variabilita těchto naměřených hodnot roste.



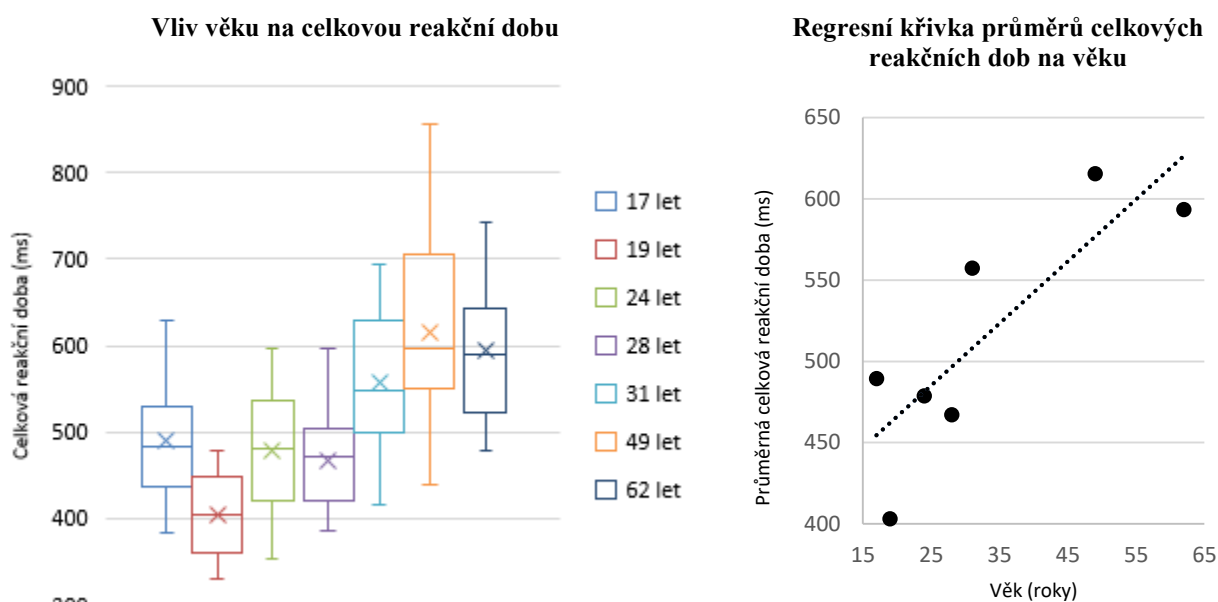
Obrázek 45 Analýza doby pohybu ruky na vlivu věku osoby při měření jednoduché reakční doby.

**Výběrová reakční doba** – úplně stejně byly zjištěny data pro výběrovou reakční dobu. Přidáním faktoru, reagováním na správný stimul a ignorováním špatného stimulu se reakční doby u všech subjektů o několik desítek milisekund prodloužily. Zároveň docházelo k reakcím i v případech, kdy měl subjekt stimul ignorovat.

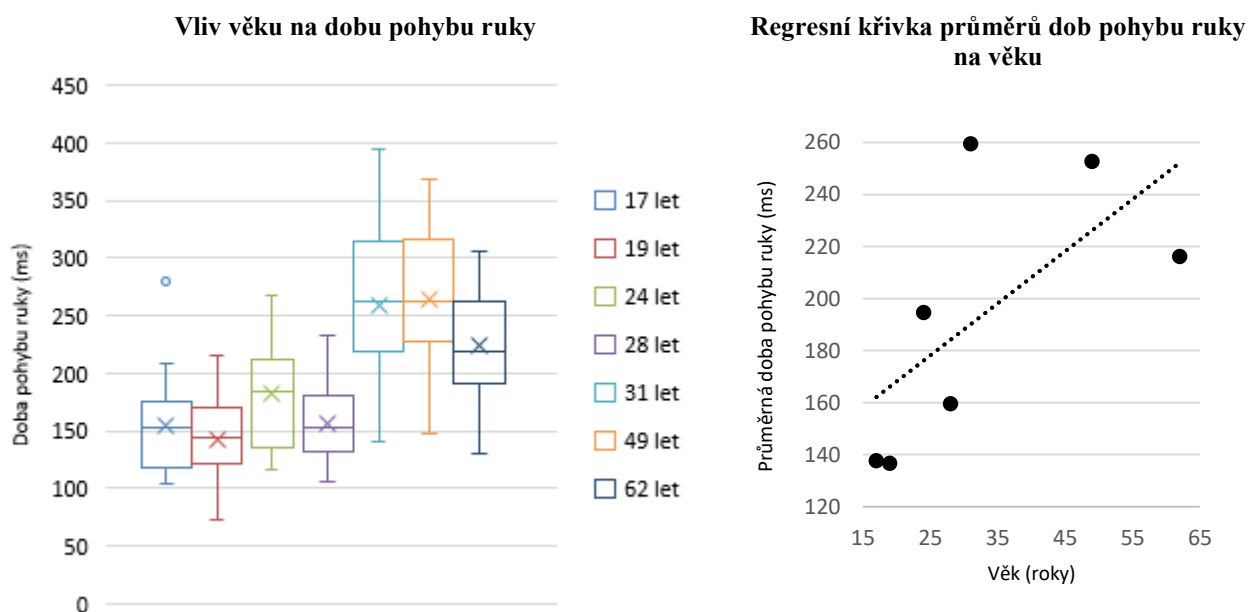


Obrázek 46 Analýza reakčních dob uvědomění na vlivu věku osoby při měření výběrové reakční doby.

Pokud k těmto chybným reakcím byl přidán vliv trestu, dá se předpokládat, že by se špatné reakce limitovaly, avšak na úkor prodloužení reakční doby, jelikož by se subjekt déle rozhodoval. Špatné reakce se vyskytovaly spíše u starších a mladých jedinců. U starších subjektů se dá předpokládat chyba uvědomění, zatímco u mladších přílišná předvídatost a chtivost.



Obrázek 47 Analýza celkových reakčních dob na vlivu věku osoby při měření výběrové reakční doby.



Obrázek 48 Analýza doby pohybu ruky na vlivu věku osoby při měření výběrové reakční doby.

I u výběrové reakční doby se projevil růst reakční doby s přibývajícím věkem. Zatímco mladší subjekty dosahovaly průměrných časů okolo 460 ms, průměrné časy starších subjektů se vyšplhaly až na hodnoty okolo 630 ms.

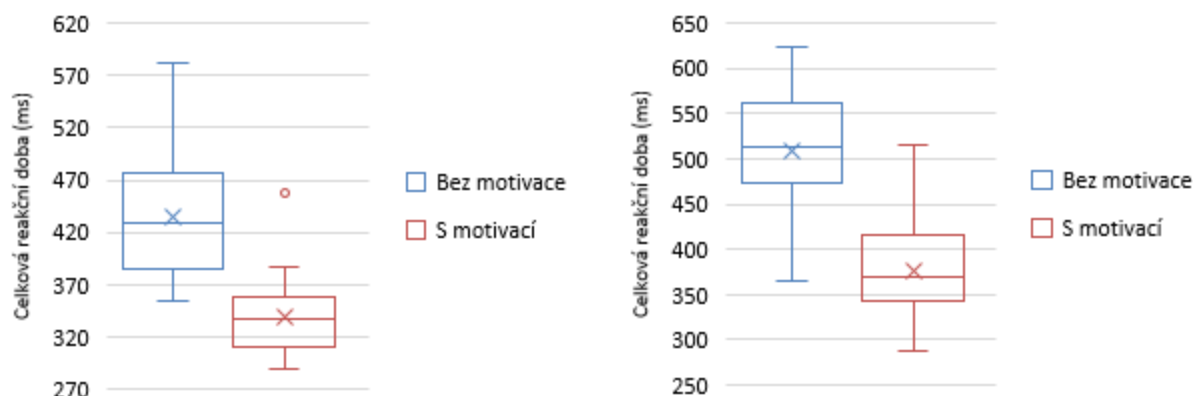
## 7.1.4 Vliv motivace

Motivace ovlivňuje každého člověka téměř v každé situaci. Je prokázáno, že dobrá motivace zvyšuje produktivitu, například při práci nebo při hrách. V tomto měření je motivace realizována jako soutěž dvou subjektů mezi sebou o to, kdo rychleji zmáčkne dané tlačítko a dosáhne tedy rychlejší

reakční doby. Předpokládá se tedy, že vliv motivace by měl razantně zkrátit reakční doby u testovaného subjektu.

Vliv motivace se měřil při měření dvou subjektů zároveň. Měřící pole se rozdělilo na dvě poloviny pro každý subjekt. Toto měření probíhalo pouze na měření jednoduché reakční doby. Subjekt byl prvně otestován na jednoduchou reakční dobu a následně byl změřen při vlivu motivace. Tyto naměřené výsledky byly srovnány mezi sebou.

**Vliv motivace na celkovou reakční dobu (1. subjekt)      Vliv motivace na celkovou reakční dobu (2. subjekt)**



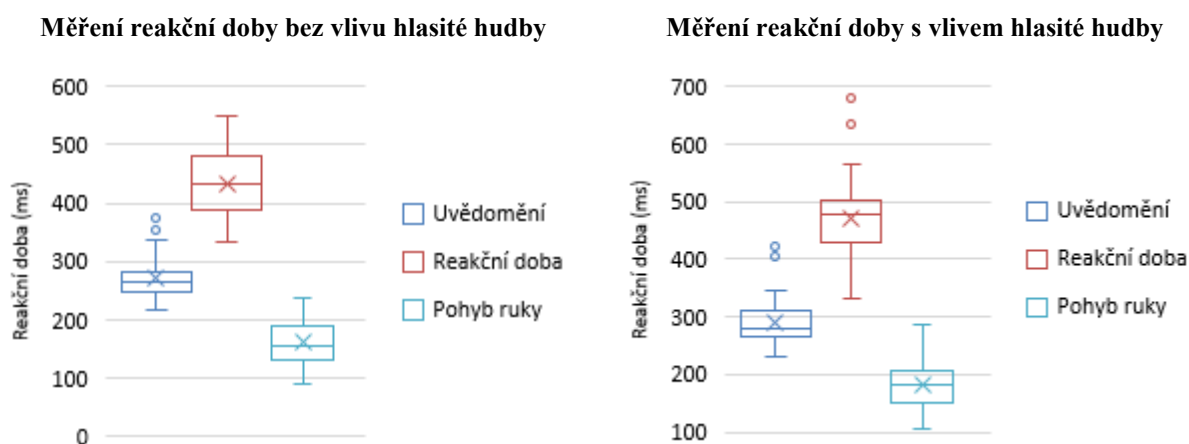
**Obrázek 49 Analýza celkové reakční doby na vliv motivace osoby při měření jednoduché reakční doby.**

Výsledky dvou měření subjektů, které reprezentuje Obrázek 49 značně prokazují velké snížení reakční doby při působení vlivu motivace. Toto snížení se projevilo u všech měřených subjektů. Snížení je možné z části přiřazovat zmenšení měřícího pole na polovinu. Avšak i při vizuálním posouzení subjektů při měření bylo zřejmé, že soutěživost a motivace být lepší než soupeř, respektive zareagovat rychleji, značně zrychlovala reakce. Zrychlení celkové reakční doby bylo u všech měřených subjektů okolo 100 ms.

### 7.1.5 Vliv hlasité hudby

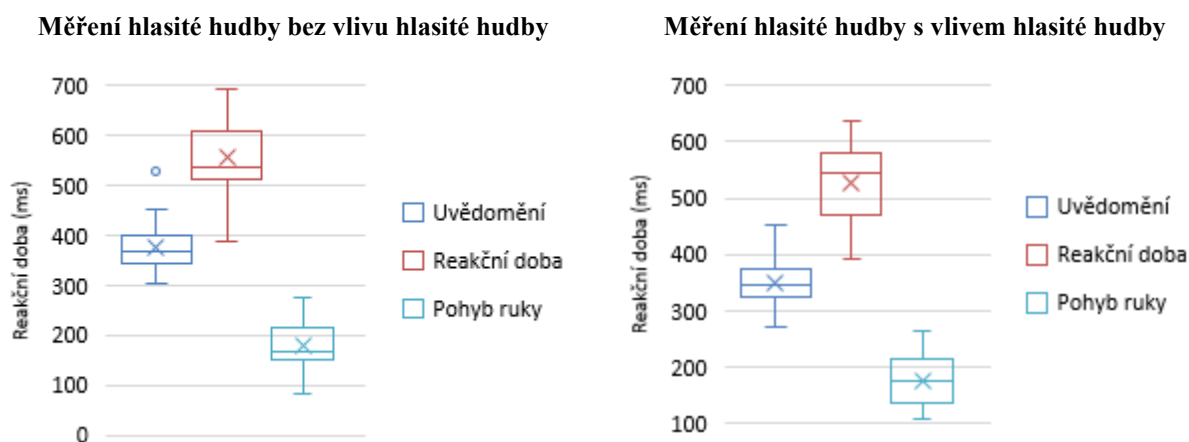
Vliv hlasité hudby byl použit jakožto rušení čili snížení nebo dokonce úplné ztráty koncentrace a pozornosti. Koncentrace s pozorností patří mezi základní kognitivní funkce a jejich účinnost je závislá na stoprocentní rovnováze. Pokud tyto funkce narušíme hlasitou hudbou, dá se předpokládat prodlužování reakčních dob.

Při měření závislosti tohoto vlivu na reakční doby byla měřenému subjektu puštěná hlasitá hudba opačného žánru, než který je jeho oblíbený tak, aby hudba působila jako rušivý element. Měření proběhlo dvakrát pro každý typ reakční doby. Prvně byl subjekt testován bez hudby a následně s hlasitou hudbou. Pro jednoduchou reakční dobu výsledky naznačují mírné prodloužení reakční doby. Jedná se o prodloužení do 40 ms. Prodloužení ovlivnilo pomalejší uvědomění na stimul během působení hlasité hudby. Docházelo ke větším ztrátám koncentrace na stimuly a k chybám, které byly z výsledku odstraněny.



Obrázek 50 Analýza reakční doby na vliv hlasité hudby při měření jednoduché reakční doby.

Výsledky měření reakční doby výběrové jsou na tom naopak, než výsledky jednoduché reakční doby. Zde došlo ke zrychlení celkové reakční doby, zatímco doba pohybu ruky byla během obou měření téměř stejná. Ačkoli se předpokládalo, že hudba, jakožto rušivý element, by měla reakční dobu prodloužit i v tomto případě, jde pouze o jedno měření, které je ovlivněno více faktory, než jenom hudbou. Pro dokonalé zhodnocení vlivu by bylo potřeba provést měření na větším vzorku lidí.



Obrázek 51 Analýza reakční doby na vliv hlasité hudby při měření výběrové reakční doby.

## 7.2 Dlouhodobé měření

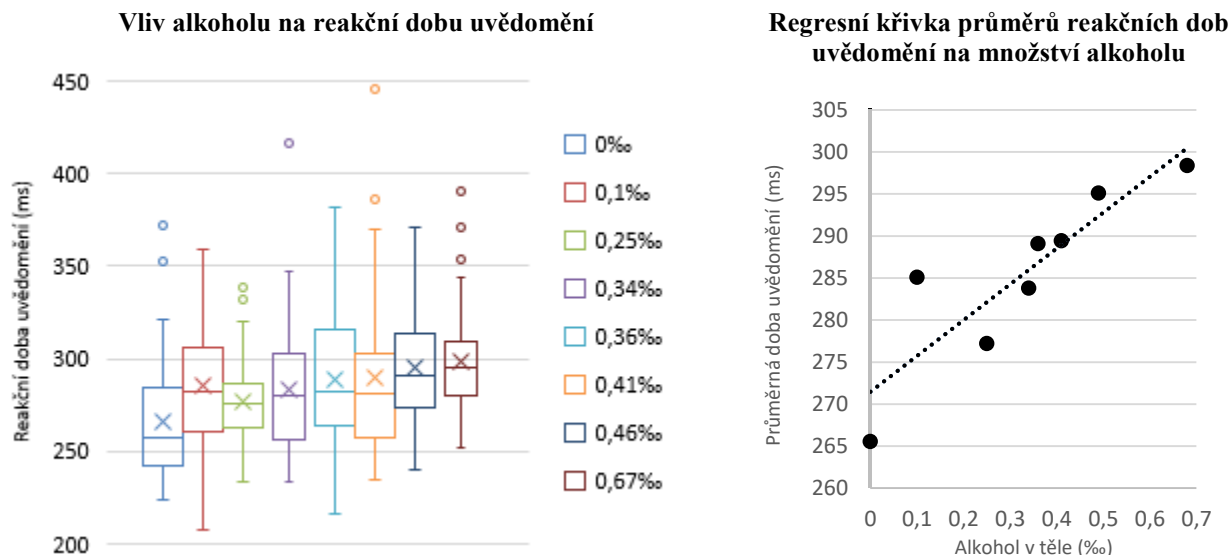
Oproti krátkodobému měření je při dlouhodobém měření subjekt testován opakovaně. V rámci dlouhodobého měření byl otestován vliv alkoholu. Subjekty byly před měřením informovány o postupu, podmínkách a cíli měření. Měřené osoby při měření stály s měřicím přístrojem v úrovni pasu a bylo jim poskytnuto dostatečné osvětlení, aby testy mohly proběhnout korektně.

### 7.2.1 Vliv alkoholu

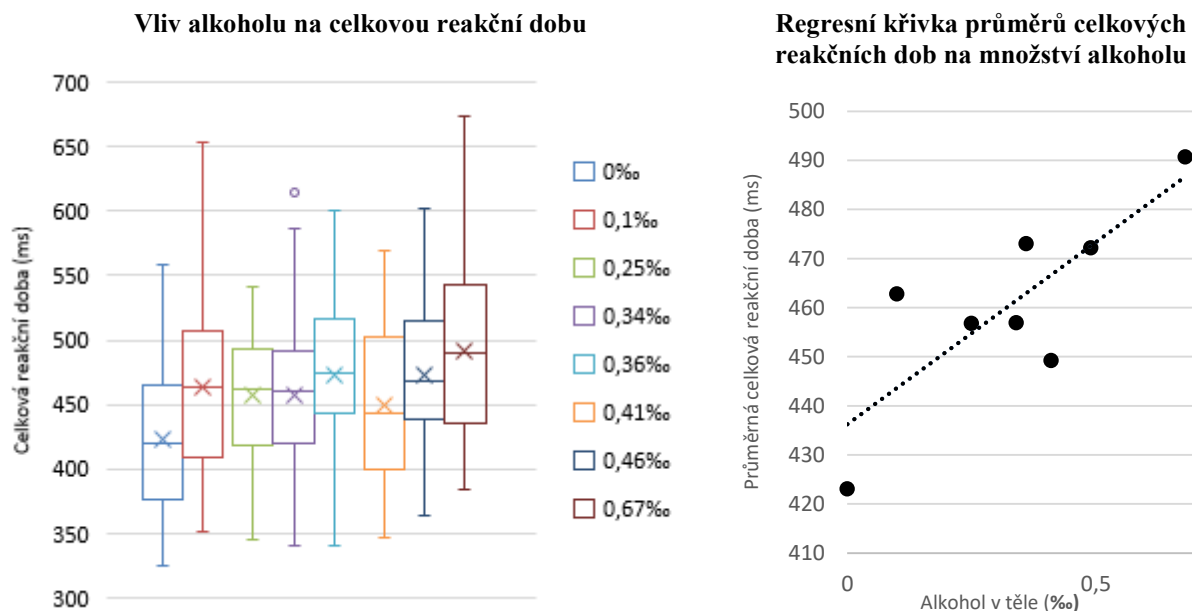
Ovlivnění motorických funkcí alkoholem je známý fakt, ale v jaké míře alkohol ovlivňuje právě reakční dobu je cíl tohoto měření. Jde o to rozlišit, do jaké míry alkohol ovlivňuje právě motorické funkce, nebo naopak zpomaluje uvědomění a reakci na stimul.

## Analýza změny reakční doby vlivem působení vnějších a vnitřních vlivů

Vliv alkoholu na reakční dobu byl měřen pomocí vína. Měření probíhalo po dobu cca 3 hodin a konzumace byla řízená. Měření začalo změřením subjektu bez vlivu alkoholu. Subjekt následně zkonsumoval 1dcl vína (11%) a čekal 15 minut. Po uplynulé době se subjektu pomocí poloprofesionálního alkohol testeru CA 20FL naměřila hodnota alkoholu v těle. Posléze podstoupil měření reakčních dob a celý cyklus opakoval. Opakování bylo celkem 7, tedy množství alkoholu odpovídalo jedné lahvi vína.



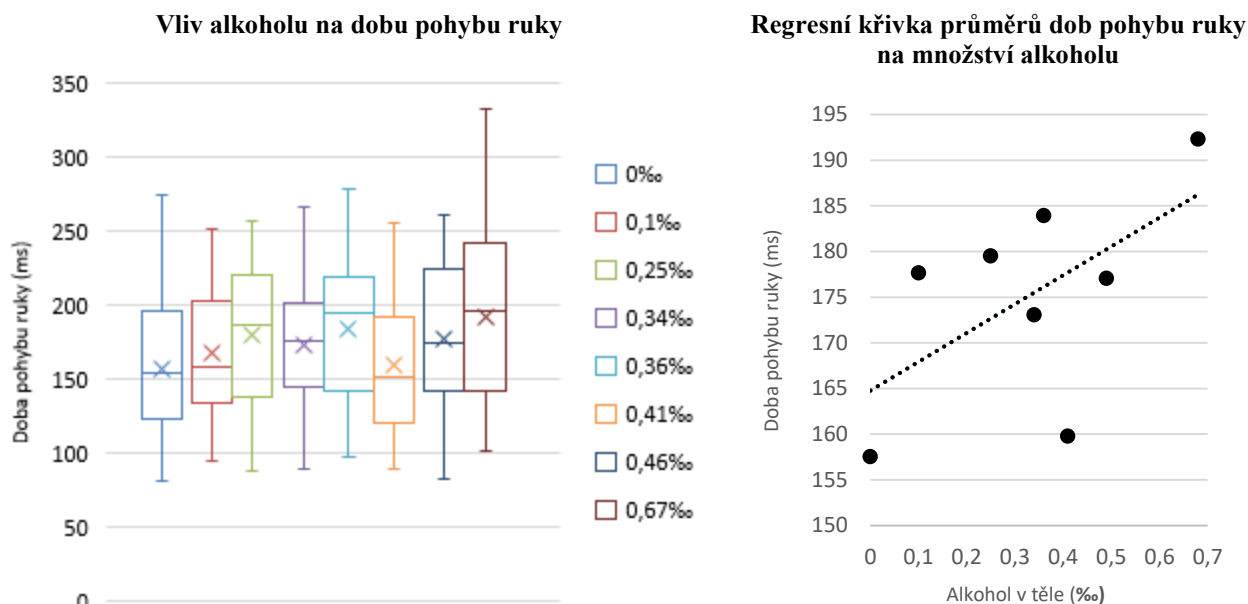
Obrázek 52 Analýza reakčních dob uvědomění na vlivu alkoholu v těle při měření jednoduché reakční doby



Obrázek 53 Analýza celkových reakčních dob na vlivu alkoholu v těle při měření jednoduché reakční doby.

**Jednoduchá reakční doba** – Ze zobrazených dat vyplývá, že alkohol má tendenci prodlužovat jak reakční dobu uvědomění, tak v návaznosti také celkovou reakční dobu. Při měření jednoduché reakční doby byl vzestup střední hodnoty reakčních dob uvědomění mírně rostoucí. Oproti měření s 0 % alkoholem v těle, kdy střední hodnota byla rovna 265ms, se střední hodnota při měření s 0,67 % prodloužila až o 30 ms.

Celková reakční doba měla podobný průběh. Ačkoli výsledky byly velmi proměnlivé, ve výsledku se projevilo prodlužování celkové reakční doby se zvyšováním množství alkoholu v těle. Prodloužení celkové reakční doby bylo o 67 ms po konzumaci 7 dcl vína. U obou reakčních dob můžeme vidět, že s rostoucím množstvím alkoholu roste také variabilita a data obsahují větší rozsah naměřených reakčních dob. Větší variabilita byla způsobena také přibývajícími chybami při měření ze strany subjektu.

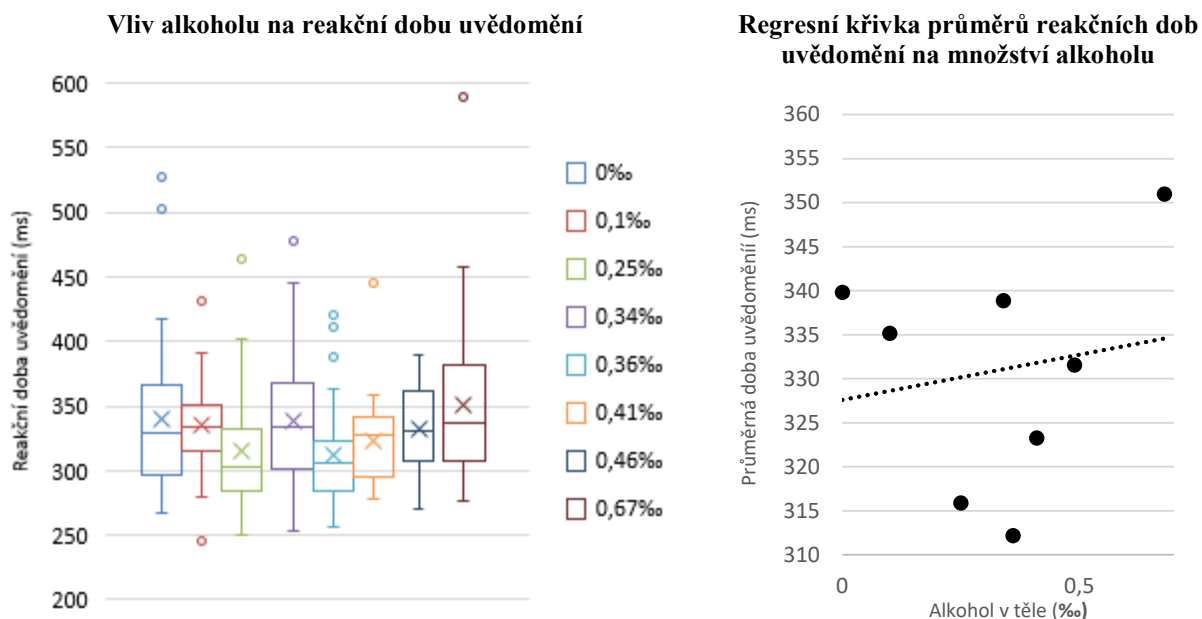


**Obrázek 54** Analýza dob pohybu ruky na vlivu alkoholu v těle při měření jednoduché reakční doby.

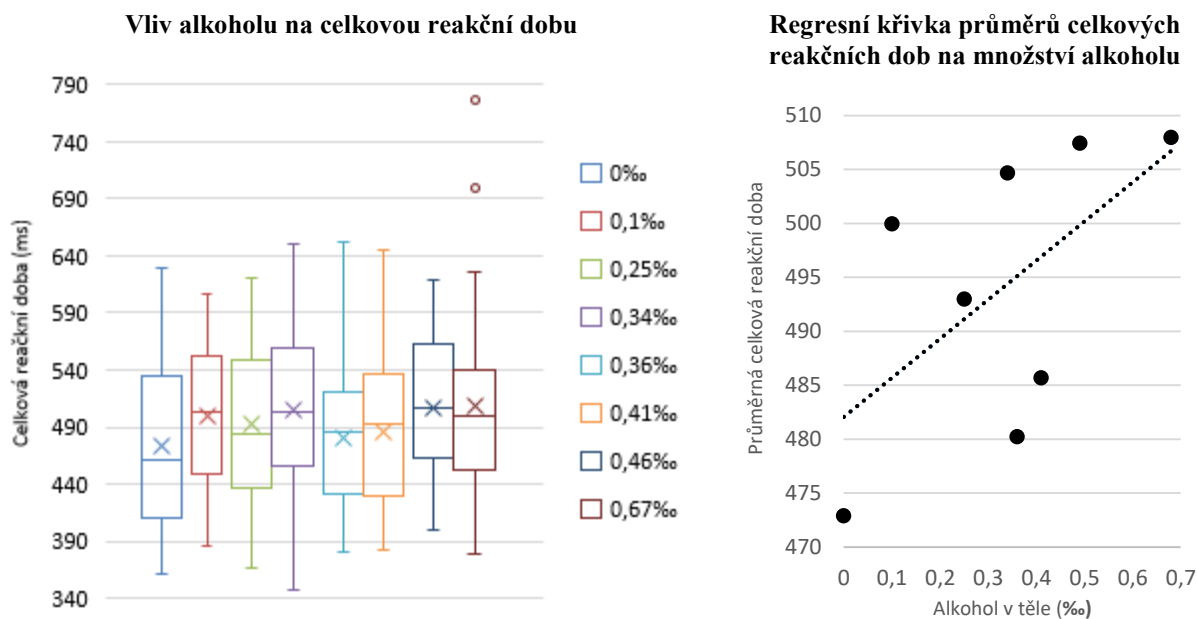
Rozdíl mezi reakční dobou uvědomění a celkovou reakční dobou je doba pohybu ruky, tedy čas uplynulý od pohybu ruky od kovové plošky po zmáčknutí tlačítka. Známý fakt, že alkohol ovlivňuje rychlost pohybu, se projevuje i ve výsledcích měření reakčních dob. Maximální naměřený rozdíl střední hodnoty doby pohybu ruky je 37. Z měření vlivu alkoholu na jednoduchou reakční dobu vyplývá, že při vypití 0,7 dcl vína je celková reakční doba prodloužena o 67ms, přičemž 30 ms patří odezvě mozkové a 37 ms odezvě pohybové. Procentuálně se reakční doba prodloužila o 15,8%.

**Výběrová reakční doba** – reakční doby u měření výběrové reakční doby jsou obohaceny ještě faktorem určení správného kritéria. Subjekt měl při tomto měření stejné podmínky a postup jako u měření jednoduché reakční doby. Vlivem tohoto faktoru jde vidět z navýšení na grafech navýšení počátečních hodnot reakčních dob. U výběrové doby reakční čas začíná na hodnotě 339 ms, a ačkoli jsou střední hodnoty reakčních dob uvědomění hodně nevyrovnané, regresní křivka těchto středních hodnot naznačuje postupný růst reakční doby.

Celková reakční doba typem výběrová má taktéž rostoucí charakter. Nárůst po konzumaci alkoholu činí 35 ms. Ačkoli je toto prodloužení menší, než u jednoduché reakční doby, jedná se nárůst o 7,4 %.



Obrázek 55 Analýza reakčních dob uvědomění na vlivu alkoholu v těle při měření výběrové reakční doby.

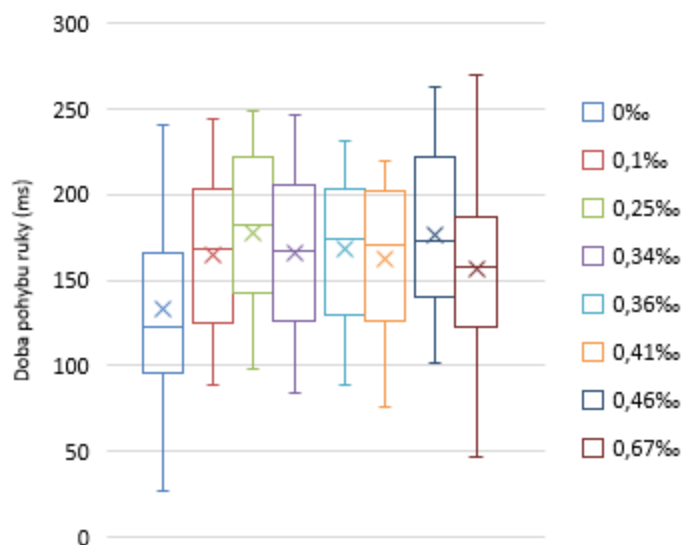


Obrázek 56 Analýza celkových reakčních dob na vlivu alkoholu v těle při měření výběrové reakční doby.

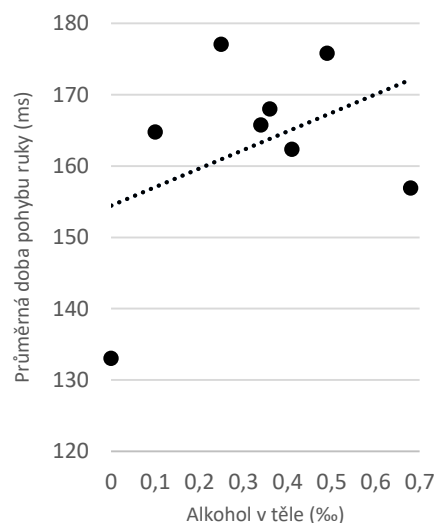
Ze zmíněných 35 ms by podle následujících grafů mělo být okolo 23 ms pohybová část, zatímco zbylých 12 ms z části mozkové. Výsledky měření potvrdily předpoklad z udělané rešerše a to, že reakční doba, a to jak jednoduchá, tak výběrová se prodlužuje v závislosti na obsahu alkoholu v těle.



**Vliv alkoholu na dobu pohybu ruky**



**Regresní křivka průměrů dob pohybu ruky na množství alkoholu**



## 7.2.2 Zhodnocení měření a výsledků

Veškerá měření byla zrealizována na malém vzorku subjektů, není možné tedy přímo posoudit závislost reakční doby na zdravotním stavu. Další měření by měla být provedena jako měření reakčních dob u velkého vzorku lidí. Je potřeba přesně nadefinovat a určit hranice, které by popisovaly, které hodnoty a za jakých podmínek jsou v normě a kdy již vybočují. Na základě pečlivé dlouhodobé statistiky by bylo možné následně vyhodnotit, zda je možné predikovat stav pacienta, ať už se jedná o „pouhé“ zhoršení kognitivních funkcí, či například o dřívější nástup demence, nebo Alzheimerovy nemoci.

### 8 Závěr

Práce má teoretický základ v části rešerše, ze které jsou vzaty předpoklady pro chování reakční doby při testování různých vnějších vlivů působících na měřený subjekt. Na základě těchto informací byl navrhnut robustní měřicí systém reakční doby na vizuální stimul. Celý návrh se opírá o sestavený minimalistický model, na kterém byly zjištěny chyby a závady a vše bylo vyladěno. Zjištěné závady byly ve finální konstrukci opraveny. Měřicí robustní zařízení obsahuje možnost 16-ti vizuálních stimulů v maticovém uspořádání, na kterých lze měřit dva typy reakčních dob. Jedná se reakční dobu jednoduchou a reakční dobu výběrovou.

Celý hardware je řízen pomocí mikrokontroléru Arduino Mega2560, ve kterém jsou nahrány tři měřicí algoritmy. Ty posílají data po sériové lince do softwarové části. Algoritmy jsou určeny pro měření zmíněné jednoduché reakční doby, výběrové reakční doby a reakční doby s motivačním faktorem. Takové měření je realizováno jako hra dvou hráčů, jejichž reakční doby jsou snímány paralelně.

Software byl vyvinut v prostřední LabVIEW a nabízí uživateli jak jednoduché ovládání hardwaru, tak lehké ukládání dat a jejich vyobrazení. Vyobrazení probíhá ve dvou variantách. První je grafická, kde uživatel vidí aktuálně získané hodnoty. Druhá varianta získaná data reprezentuje částečnou jednoduchou statistikou.

Měřené vlivy jako alkohol, hlasitá hudba a věk prokázaly rostoucí tendenci reakční doby a potvrdily předpoklady určené před měřením. Vliv motivace potvrdil razantní zkracování reakčních dob, zatímco působící vliv volby ruky zkrácení reakčních doby se projevoval pouze mírně.

Zajímavým námětem na další práci může být dlouhodobé měření většího vzorku lidí, při daném působení různého vlivu. Na základě takového měření by bylo možno vytvořit charakteristiku, jak by se dal predikovat vývoj kognitivních funkcí člověka, a tím i do jisté míry psychickou a fyzickou kondici. Další možností je zlepšení měřících algoritmů a případný vývoj aplikace na chytrý telefon. Nabízí se také možnost rozšíření portfolia na další vlivy.

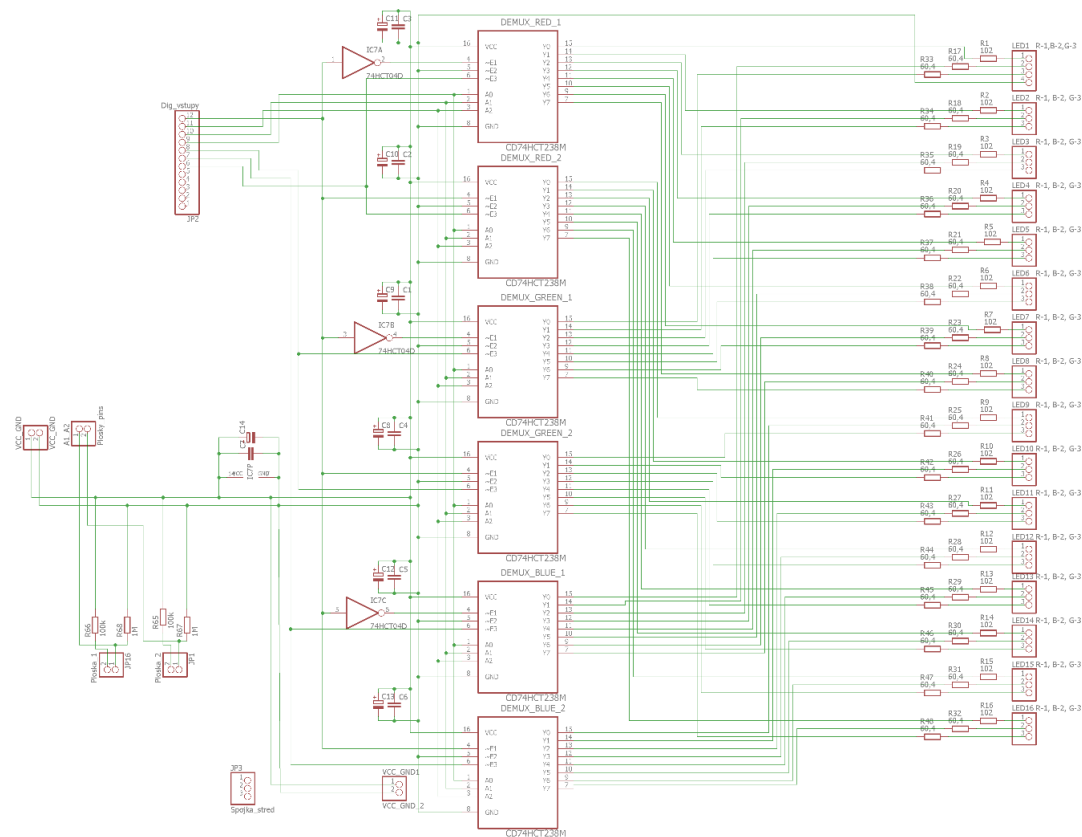
## Literatura

- [1] Labview official website.[online][cit. 2017-24-4] URL:<www.ni.com>
- [2] COJOCARIU, A. *Measurement of reaction time in qwan ki do*. Master's thesis, „Alexandru Ioan Cuza“ University, Faculty of Physical Education and Sports, 2011.
- [3] McMILLAN, Steve; IVRY, Richard B.; Byblow, Wilson, b. *Cortimotor Excitability During a Choice-Hand Reaction Time Task*. Experimental brain reserch, 2006.
- [4] WOLF, Werner; BAEDEKER, Cornelliuss; APPEL, Ulrich. *Visual evoked potentials and reaction times: Dependences on alpha activity*. Engineering in Medicine and Biology Society, 1989.
- [5] WOLF, Werner; BAEDEKER, Cornelliuss; APPEL, Ulrich. *Visual evoked potentials and reaction times: Influences of stimulus parameters*. Engineering in Medicine and Biology Society, 1998.
- [6] CINAZ, Burcu; ARNRICH, Bert. *Monitoring of cognitive functioning by measuring reaction times with wearables devices*. 5th International conference on pervasive computing technologies for healthcare, 2011.
- [7] FORGAARD, Christopher J.; FRANKS, Ian M. ; MASLOVAT, Dana; CHIN, Laurence; CHUA, Romeo. *Voluntary reaction time and long-latency reflex modulation*. Neurophysiol 114, 2015.
- [8] LAKHANI, Bimal; VETTE Albert H.; MANSFIELD, Avril; MIYASIKE-DASILVA, Veronica; MCLLOY, William E. *Electrophysiological correlates of changes in reaction time based on stimulus intensity*. Journal PlosOne, 2012.
- [9] DESAI, Kanan. *Effect of aging simple reaction time and movement*. Master's thesis, The State University of New York at Buffalo, 2006.
- [10] HUGHES, Charmayne M. L; FRANZ, Elizabeth A. *Experience-dependent effect in unimanual and bimanual reaction time task in musicians*. Journal of motor behavior, 2007.
- [11] DAVIES, Carolyn A.; WEISS, Alexander; BATTY, G. David; HAGGER-JOHNSON, Gareth; DEARY, Ian J. *Reaction time and mortality from the major causes of death: The NHANES-III study*. Journal PlosOne, 2014.
- [12] HRONEK, M.; *Praktická cvičení z morfologie a fyziologie: pro posluchače farmaceutické fakulty*. Učební texty. Karolinum, 2013.
- [13] R. KUCKLICK, Thodore. *The medical device R&D handbook*. Boca Raton: CRC press, Taylor & Francis Group, 2013. ISBN 978-1439811894
- [14] LENKA, V. *Rehabilitace kognitivních funkcí v ošetrovatelské praxi*. Grada Publishing a.s., 2015.
- [15] YUE, Li; KEFEI, Song; Changchun Institut of Optics, Fine Mechanics and Physics. Chinese Academy of Sciences. *Design of a general reaction time test instrument based on jump motion*. 3rd International conference on computer science and network technology, 2013.
- [16] MARIE, H.J.; *Pět pohledů na nadání*. Grada Publishing a.s., 2011.

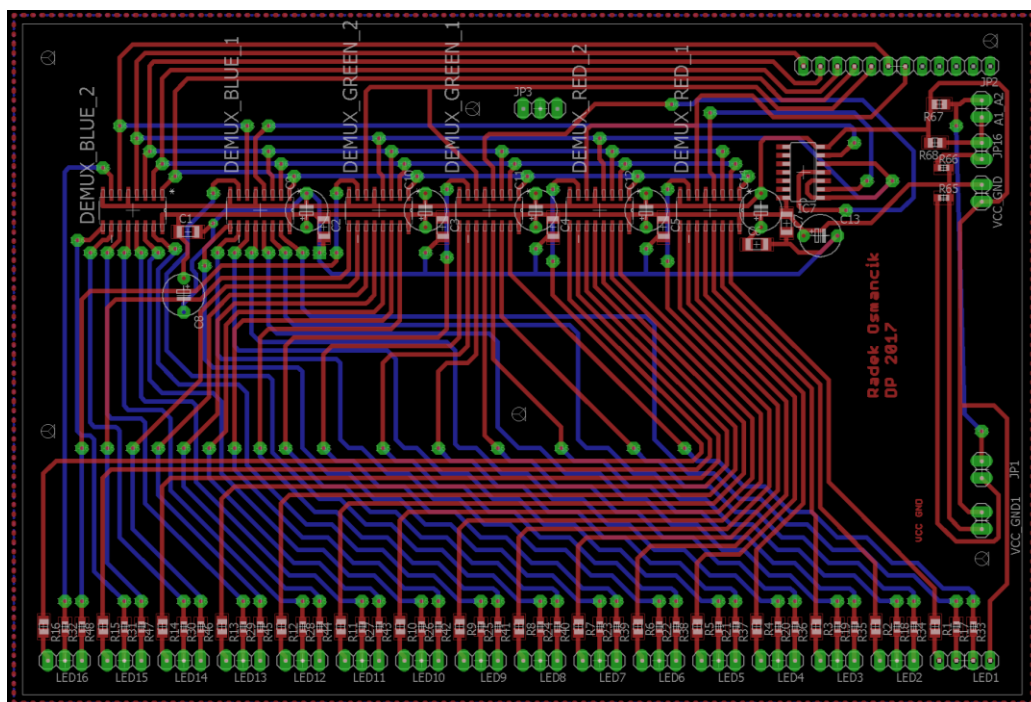
- [17] CONSOLVO, Sunny; GREENSTEIN, Ben; WOBBOCK, Jacob O.; WATSON, Nathaniel F.; KIENTZ, Julie A.; KAY, Matthew; RECTOR, Kyle. *Pvc touch adapting a reaction time test for touchscreen devices*. 7th International conference on pervasive computing technologies for healthcare and workshops, 2013.
- [18] MEYER, David D; *The dynamics of cognition and action: mental processes inferred from speed-accuracy decomposition*. 95(2):183–237, 1998.
- [19] MAĎA, Patrik; MUDr. IVÁK, Peter MUDr. LAVRÍKOVÁ, Petra; MUDr. NOVÁKOVÁ, Lucie; PAVELKA, Martin; MUDr. SAJDÍKOVÁ, Martina; MUDr. FONTANA, Josef; MUDr. Trnka Ph.D, Jan. *Elektrické děje na buněčné membráně*. [online][cit. 2017-24-4] URL:<<http://fbt.cz/skripta/iii-bunecna-a-tkanova-signalizace/2-elektricke-deje-na-bunecne-membrane/>>
- [20] OSMANČÍK, Radek. *Simulování defibrilačních impulsů v LabVIEW*. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Fakulta elektrotechniky a informatiky. Vedoucí práce Ing. Lukáš Peter. 2015.
- [21] DESPOPOULOS, Agamemnon; SILBERNAGL, Stefan. *Atlas fyziologie člověka*. Grada, 6. vydání, 2004.
- [22] Prof. PhDr. STRAUS, Jiří. Prodloužení reakční doby v závislosti na hladinu alkoholu. Katedra kriminalistiky Policejní akademie v Praze.
- [23] VODA, Zbyšek; TÝM HW KITCHEN. *Průvodce světem Arduina*. Dostupné na: <[www.arduino.cz](http://www.arduino.cz)>
- [24] TOMCZYK, L. *Vzdělávání seniorů v oblasti nových médií*. Asociace institucí vzdělávání dospělých, Praha, 2015.
- [25] HANKINS, Phd Carla C.; SPINKS, PT Andrea J.; TEDDER, PT Donna D.; MERCER, PT Vicki S. Reliability and validity of a clinical test of reaction time in older adults. *Journal of Geriatric Physical therapy*, 2009.
- [26] Bc. VORÁLKOVÁ, Kateřina. Zrakové vnímání řidiče v dopravním provozu. Diplomová práce, Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce ING. Robert Sedlák. 2012.
- [27] WAWRECZKOVÁ, Denisa. *Fyziologie přenosu nervového vzruchu, jeho poruchy a patogeneze křečí*. Prezentace z Veterinární a farmaceutické univerzity Brno.
- [28] TROJAN, Stanislav. *Lékařská fyziologie*. Vyd. 4., přeprac. a dopl. Praha: Grada Publishing, 2003. ISBN 80-247-0512-5

## Seznam příloh

Příloha I	Schéma zapojení první DPS
Příloha II	Návrh první DPS
Příloha III	Schéma zapojení druhé DPS
Příloha IV	Návrh druhé DPS
Příloha V	Seznam součástek pro první DPS
Příloha VI	Seznam součástek pro druhou DPS
Příloha VII	Technický náčrt šasi
Příloha VIII	Seznam součástek pro realizaci měřicího zařízení
Příloha IX	Schéma zapojení galvanického oddělení
Příloha X	Návrh DPS galvanického oddělení
Příloha XI	Seznam součástek pro realizaci galvanického oddělení
Příloha XII	Měřicí program mikrokontroléru Arduino (příloha na CD/DVD)
Příloha XIII	Ovládací aplikace ze softwaru LabVIEW (příloha na CD/DVD)



Příloha I Schéma zapojení první DPS



Příloha II Návrh první DPS



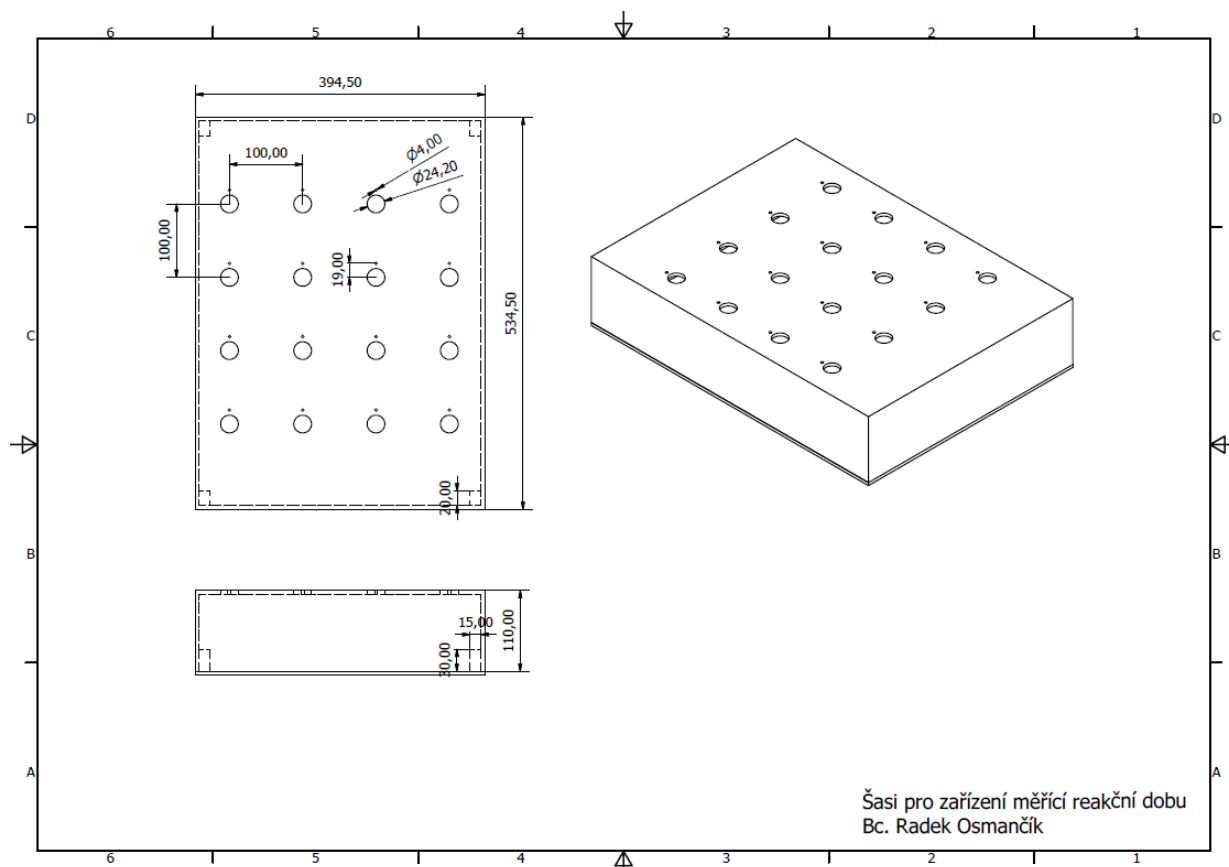
Součástka	Hodnota	Počet	Pouzdro
Oboustranná deska	150 x 100mm	1x	-
Cín	-	-	-
Drátek na propojky	-	-	-
Distanční sloupek (Nikl)	10x3mm	6x	-
Kondenzátor	100nF/50V	7x	C1206
Kondenzátor	100μF/50V	7x	E5-6
Demultiplexor	CD74HCT238	6x	SOIC127P600X175-16N
Invertor	74HCT04	1x	SO14
Rezistor	102Ω	16x	R0805
Rezistor	60,4Ω	32x	R0603
Rezistor	100kΩ	2x	R0603
Rezistor	1MΩ	2x	R0805
Konektor	1x2	5x	-
Konektor	1x3	16x	-
Konektor	1x4	1x	-
Konektor	1x12	1x	-

Příloha V Seznamu součástek pro první DPS

Součástka	Hodnota	Počet	Pouzdro
Oboustranná deska	110 x 82mm	1x	-
Cín	-	-	-
Drátek na propojky	-	-	-
Distanční sloupek (Nikl)	10x3mm	4x	-
Šroubek	M3-8mm	4x	-
Kondenzátor	100nF/50V	10x	C1206
Kondenzátor	100μF/50V	10x	E5-6
Kondenzátor	68nF	10x	C0805
Invertor	74HCT04	4x	SO14
Kodér 8:3	74HC148	2x	SO16
And Gates	74HC08	1x	SO14
Schmittův invertor	74HCT14	3x	SO14
Rezistor	51kΩ	16x	R1026
Konektor	1x1	17x	-
Konektor	1x2	4x	-
Konektor	1x3	1x	-
Konektor	1x5	1x	-

Příloha VI Seznamu součástek pro druhou DPS

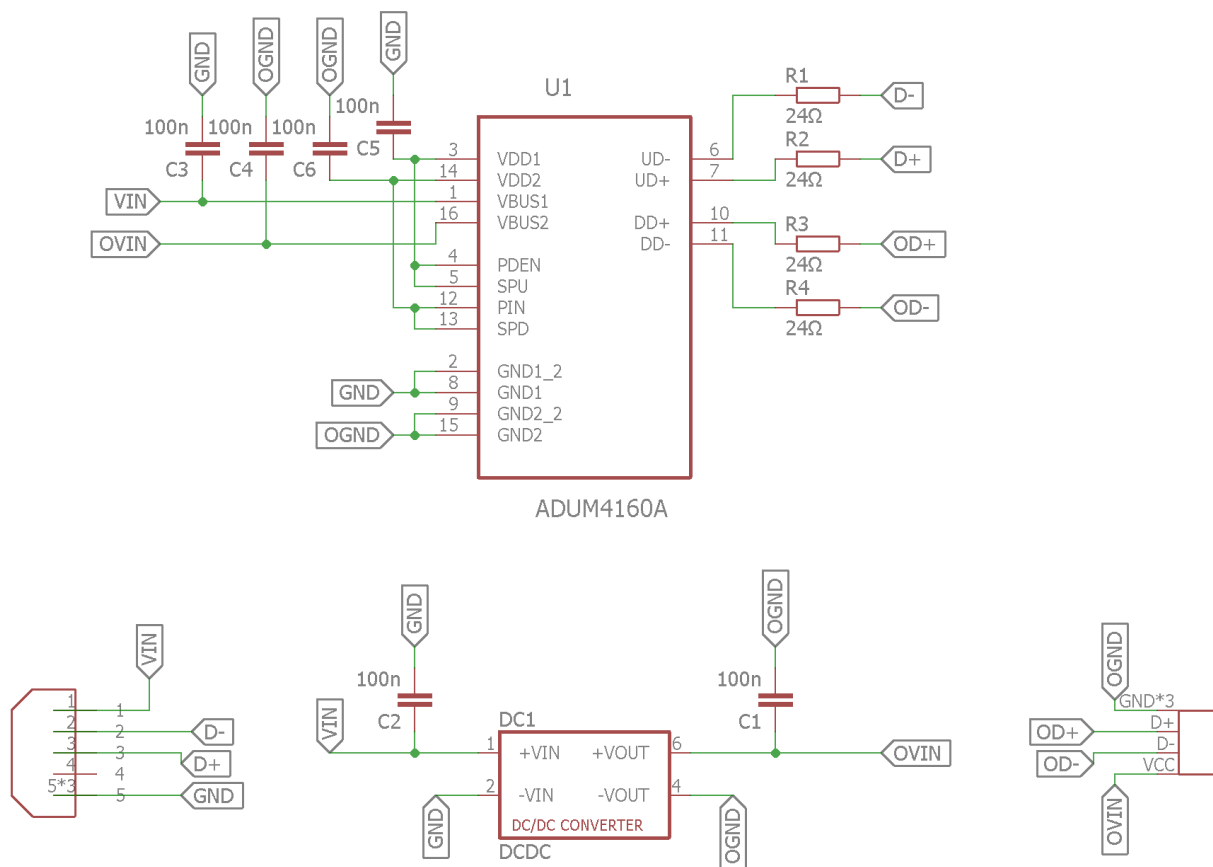




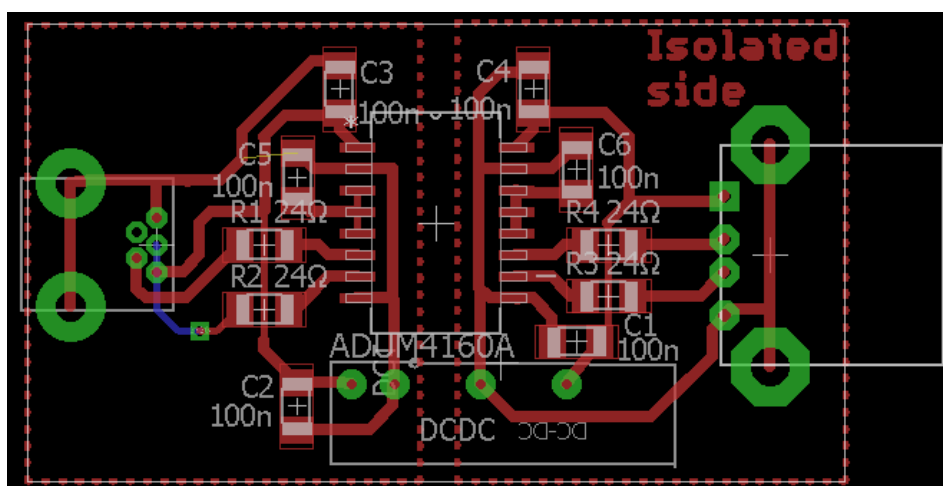
**Příloha VII Technický náčrt šasi**

Součástka	Počet
Šasi – plexi	1x
Kovové plošky	4x
UTP kabel	3m
Tlačítka Gamesman GPB 310	16x
Mikrokontrolér Arduino Mega2560	1x
Distanční sloupek (Nikl)	4x
Protiskluzné nožky	4x
Úchytky	2x
Krychle z novoduru	4x
Šroubky	12x
RGB LED diody	16x

**Příloha VIII Seznam součástek pro realizaci měřícího zařízení**



Příloha IX Schéma zapojení galvanického oddělení



Příloha X Návrh DPS galvanického oddělení

Součástka	Hodnota	Počet	Pouzdru
Jednostranná deska	48 x 27mm	1x	-
Cín	-	-	-
Drátek na propojky	-	-	-
Distanční sloupek (Nikl)	10x3mm	3x	-
Šroubek	M3-8mm	3x	-
Kondenzátor	100nF/50V	6x	C1206
Rezistor	24Ω	4x	R1206
Konektor	USB-A	1x	-
Konektor	USB-B mini	1x	-
Digitální izolátor	ADUM4160A	1x	-
DC-DC měnič	AM1D-0505SZ	1x	-

**Příloha XI Seznam součástek pro realizaci galvanického oddělení**